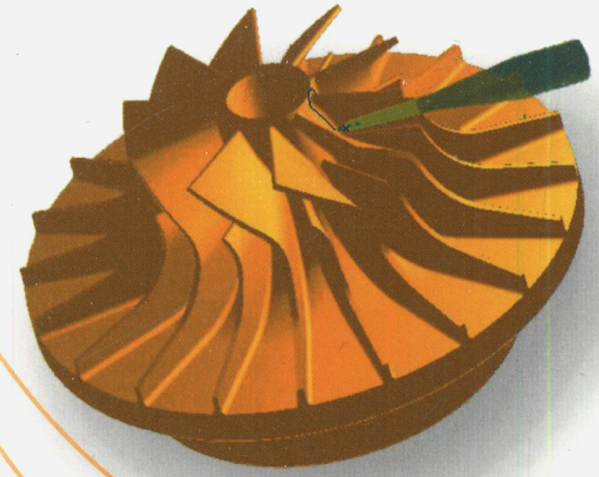
CimatronE

应用系列丛书

CimatronE 数控编程

思美创(北京)科技有限公司　编著



- 包含多个精心锤炼的应用实例
- 以实战提升解决问题的能力

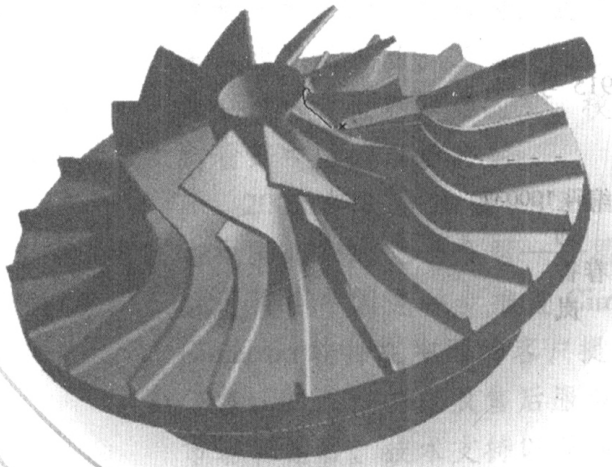
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

配书光盘

Cimatron E
应用系列丛书

Cimatron E 数控编程

思美创(北京)科技有限公司　编著



△包含多个精心锤炼的应用实例
△以实战提升解决问题的能力

配书光盘

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书由 Cimatron 公司工程师精心编写而成，包含工程师们多年的 CAM 应用经验和心得。书中应用实例丰富，内容深入浅出，既有按照系统菜单的一一讲解，又有具体练习，可最终使读者快速掌握 CimatronE 软件。本书既照顾到一部分初学者，又着重让广大 CimatronE 用户通过实战练习学有所获，使之能最终应用于生产实践。

本书可供从事数控编程的工程技术人员使用，也可供高等院校和职业技术学院数控专业的师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

CimatronE 数控编程/思美创（北京）科技有限公司编著. —北京：机械工业出版社，2013.4
（CimatronE 应用系列丛书）
ISBN 978-7-111-42147-4

Ⅰ.①C… Ⅱ.①思… Ⅲ.①数控机床－程序设计－应用软件 Ⅳ.①TG659－39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 074915 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：孔 劲 责任编辑：孔 劲
版式设计：霍永明 责任校对：申春香
封面设计：姚 毅 责任印制：

2015 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm · 16.5 印张 · 402 千字
3001—4000册
标准书号：ISBN 978-7-111-42147-4
ISBN 978-7-89433-918-8（光盘）
定价：49.00 元（含 1CD）
北京云浩印刷有限责任公司印刷
凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社 服 务 中 心：(010)88361066	教材网：http://www.cmpedu.com
销 售 一 部：(010)68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销 售 二 部：(010)88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：(010)88379203	**封面无防伪标均为盗版**

前 言

以色列 Cimatron 公司成立于 1982 年，是全球著名的、面向模具行业和机械设计制造行业提供 CAD/CAM 软件的开发者和供应商，也是这个行业技术和产品创新的领导者。Cimatron 公司为客户提供全面和有效的解决方案，帮助客户提高生产力，协同多方面厂家合作以最大限度地缩短产品研发和交货周期。Cimatron 的世界领先级的 CAD/CAM 解决方案广泛应用于航空航天、汽车、医药、家用消费品、电子和其他相关工业领域。其子公司和合作伙伴代理商分布在全球超过 35 个以上国家和地区，向全世界的客户提供全面的技术支持和服务。

Cimatron 北京代表处成立于 1998 年，主要任务是进行市场宣传、协调销售业务、加强技术支持，从而扩大在中国 CAD/CAM 行业的影响，为用户提供更及时、完整的服务。随着中国经济的稳步发展，特别是世界发达国家的经济结构调整使得更多的制造企业移往中国，中国越来越成为世界制造的基地。在国内，随着家用电子行业的迅速发展，特别是从中国汽车年的开始启动，工模具的设计和制造已经成为制造业中更加关键的一个部分。作为世界知名的工、模具制造的软件解决方案供应商，Cimatron 特别看好中国的市场前景。

2002 年 8 月 20 日，Cimatron Ltd. （NASDAQ：CIMT）向全世界宣布在中国北京成立子公司——思美创（北京）科技有限公司。新公司成立后，将在中国进一步推进 Cimatron 软件全面的解决方案，从而进一步为 Cimatron 软件在中国的客户提供更好的服务。Cimatron China 在负责市场、销售、技术支持以及售后服务工作的同时，仍然为代理商在各自区域内的市场、销售、技术支持以及售后服务工作中提供相应的支持。

公司成立至今，Cimatron China 又分别在无锡、成都、武汉、广州成立了办事处，在我国华东、华南、西南和华中地区进一步推进 Cimatron 软件全面的解决方案，为各区域的客户提供更好的服务。

为了帮助广大 CimatronE 客户以及有志于学习 CimatronE 的技术人员迅速掌握这一先进的软件，我们编写了这套《CimatronE 应用系列丛书》。其中《CimatronE 数控编程》一书中大量采用了 Cimatron 公司工程技术人员经过多年精心锤炼的应用实例，详细而又生动地介绍了编程最基本的操作过程。书中既有按照系统的菜单一一讲解的内容，又有具体练习的题目，可最终使读者快速掌握软件。本书既照顾到一部分初学者，详细地讲

解了系统环境以及最基本的操作方法，循序渐进、深入浅出；又着重让广大 Cimatron 用户通过实战练习学有所获，并能最终应用于生产实践。本书介绍的各个环节的知识面非常广泛，渗透了工程师们多年的 CAM 应用经验和心得，增加了内容的深度。

我们希望为广大 Cimatron 用户奉献一本完美的参考用书，但由于时间有限，难免有疏漏和不妥之处，请各位读者海涵并不吝赐教。

我们的解决方案是服务于客户的，当然也包括我们的读者。您可以通过公司网站 http：//www. cimatron. com. cn 获得我们的技术支持，并请提出您的宝贵意见。

编　者

目 录

前言
第 1 章 CimatronE 编程基础 …… 1
1.1 CimatronE 编程环境 …… 1
1.1.1 进入编程环境的方式 …… 1
1.1.2 编程界面 …… 3
1.1.3 编程菜单 …… 4
1.1.4 编程工具栏图标 …… 6
1.1.5 常用的编程子菜单 …… 7
1.1.6 编程模式的选择 …… 10
1.1.7 编程向导条 …… 11
1.2 CimatronE 编程流程 …… 12
1.2.1 读取模型 …… 12
1.2.2 模型数据分析 …… 13
1.2.3 创建刀具 …… 13
1.2.4 创建刀路轨迹 …… 14
1.2.5 创建零件 …… 14
1.2.6 创建毛坯 …… 15
1.2.7 创建程序 …… 16
1.2.8 计算程序 …… 19
1.2.9 模拟程序 …… 20
1.2.10 后处理 …… 21
1.2.11 生成加工报告 …… 22
1.3 CimatronE 刀具及夹头管理器 …… 22
1.3.1 刀具及夹头管理器的操作按钮 …… 22
1.3.2 刀具表功能 …… 24
1.3.3 刀具表参数 …… 24
1.3.4 常见刀具类型 …… 26
1.3.5 刀具及夹头管理器的应用 …… 28
1.4 CimatronE 程序管理器 …… 29
1.4.1 状态旗标 …… 29
1.4.2 状态符号 …… 30

1.4.3 常见旗标和符号共存状态举例 …… 31
1.4.4 程序管理器的应用 …… 31

第2章 CimatronE 2.5轴加工策略介绍和实践 …… 32
2.1 2.5轴加工概述 …… 32
2.2 CimatronE 2.5轴加工工艺汇总 …… 33
2.3 2.5轴加工的对象选择和轮廓管理器 …… 34
2.3.1 零件轮廓选择模式 …… 35
2.3.2 NC参数 …… 36
2.3.3 显示标签 & 轮廓编辑 …… 37
2.4 粗加工参数 …… 37
2.4.1 型腔-毛坯环切加工参数表 …… 37
2.4.2 型腔-毛坯环切刀路参数 …… 39
2.4.3 型腔-毛坯环切机床参数 …… 44
2.5 其他粗加工工艺选项的参数介绍 …… 46
2.5.1 型腔-平行切削加工参数 …… 46
2.5.2 型腔-环绕切削加工参数 …… 47
2.6 2.5轴精加工参数 …… 48
2.6.1 型腔-精修侧壁加工参数 …… 48
2.6.2 轮廓加工参数 …… 48
2.7 钻孔加工 …… 50
2.7.1 钻孔-三轴加工对象的定义 …… 50
2.7.2 钻孔-三轴加工参数 …… 51
2.7.3 自动钻孔-三轴的应用 …… 53
2.8 2.5轴铣削加工综合实例 …… 54
2.9 钻孔加工练习 …… 75

第3章 3轴加工策略介绍和实践 …… 85
3.1 3轴加工概述 …… 85
3.2 常用3轴加工策略汇总 …… 86
3.3 3轴加工对象汇总 …… 88
3.4 3轴体积铣加工参数介绍 …… 90
3.4.1 体积铣刀路参数 …… 91
3.4.2 体积铣机床参数 …… 101
3.5 3轴曲面铣刀路参数介绍 …… 101
3.5.1 精铣所有刀路参数 …… 101
3.5.2 根据角度精铣刀路参数 …… 106
3.6 3轴清角加工参数介绍 …… 107
3.6.1 清根加工刀路参数 …… 107

3.6.2　笔试加工刀路参数 …… 109
3.7　程序的转换 …… 110
3.7.1　复制 …… 111
3.7.2　复制阵列 …… 112
3.7.3　镜像复制 …… 112
3.7.4　移动 …… 113
3.7.5　镜像移动 …… 113
3.8　3 轴加工综合练习 …… 113

第 4 章　3 轴局部铣削策略介绍和实践 …… 129
4.1　瞄准曲面-三轴 …… 129
4.1.1　瞄准曲面-三轴的加工对象和轨迹类型 …… 130
4.1.2　瞄准曲面-三轴加工参数 …… 131
4.2　零件曲面-三轴 …… 131
4.2.1　零件曲面-三轴的加工对象 …… 131
4.2.2　零件曲面-三轴刀路轨迹参数 …… 132
4.3　直纹面-三轴 …… 133
4.3.1　直纹面-三轴的加工对象 …… 133
4.3.2　直纹面-三轴的加工参数 …… 133
4.4　局部-三轴 …… 134
4.4.1　曲面路径 …… 134
4.4.2　刀轴控制 …… 144
4.4.3　干涉检查 …… 145
4.4.4　连接 …… 149
4.4.5　粗加工 …… 154
4.4.6　有效工具 …… 159
4.5　局部铣削-三轴综合练习 …… 162
4.5.1　平行铣练习 …… 162
4.5.2　沿曲线铣练习 …… 163
4.5.3　两曲面仿形铣练习 …… 164
4.5.4　两曲线之间仿形铣练习 …… 165
4.5.5　平行于曲面铣练习 …… 166
4.5.6　曲线投影铣练习 …… 166
4.5.7　连接练习 …… 166
4.5.8　干涉检查练习 …… 168
4.5.9　粗加工练习 …… 168
4.5.10　有效工具练习 …… 169

第 5 章　4 轴加工策略介绍和实践 …… 170

5.1 4轴加工策略和典型工艺汇总 …… 170
5.2 如何创建航空铣4轴程序 …… 171
5.3 航空铣控制面板—刀轴控制 …… 173
5.3.1 输出格式 …… 173
5.3.2 最大角度步距 …… 174
5.3.3 刀轴倾斜类型 …… 175
5.3.4 限制 …… 185
5.4 4轴加工综合练习 …… 187
5.4.1 加工说明和工艺安排 …… 187
5.4.2 进入编程环境 …… 188
5.4.3 加载编程模型 …… 190
5.4.4 编程准备——模型分析 …… 190
5.4.5 创建新刀具 …… 191
5.4.6 创建4轴刀轨（toolpath） …… 193
5.4.7 创建4轴毛坯 …… 193
5.4.8 创建叶片间粗加工程序 …… 194
5.4.9 创建其他叶片间粗加工程序 …… 197
5.4.10 创建槽粗加工程序 …… 199
5.4.11 创建槽（3处）的精加工程序 …… 201
5.4.12 创建叶片的精加工程序 …… 204
5.4.13 创建叶片间曲面的精加工程序 …… 209
5.4.14 加工仿真 …… 212
5.4.15 生成机床代码—后处理 …… 212

第6章 5轴加工策略介绍和实践 …… 214
6.1 CimatronE 5轴加工特点和应用领域 …… 214
6.1.1 5轴加工特点 …… 214
6.1.2 5轴加工应用领域 …… 215
6.2 5轴加工模块介绍 …… 217
6.3 航空铣的应用——弯管加工 …… 219
6.3.1 弯管上端的加工 …… 220
6.3.2 弯管另一端的加工 …… 225
6.3.3 模拟两个程序 …… 226
6.3.4 后处理 …… 226
6.4 5轴定位和联动综合练习——复杂叶轮加工 …… 228
6.4.1 加工说明和工艺安排 …… 228
6.4.2 进入编程环境 …… 229
6.4.3 加载编程模型 …… 230
6.4.4 定义刀具 …… 231

6.4.5　创建5轴刀轨 …… 233
6.4.6　创建目标零件和毛坯 …… 233
6.4.7　创建叶片间粗加工程序 …… 234
6.4.8　创建大叶片半精加工程序 …… 240
6.4.9　创建小叶片半精加工程序 …… 243
6.4.10　创建流道半精加工程序 …… 245
6.4.11　创建大叶片精加工程序 …… 247
6.4.12　创建小叶片精加工程序 …… 249
6.4.13　创建流道精加工程序 …… 249
6.4.14　加工仿真 …… 249

第1章 CimatronE编程基础

【本章主要内容】

- CimatronE 编程环境介绍
- CimatronE 编程的步骤
- CimatronE 对于刀具和夹头的管理
- CimatronE 程序管理器

1.1 CimatronE 编程环境

1.1.1 进入编程环境的方式

进入 CimatronE 的编程环境有以下几种方式：

1）用鼠标双击桌面的 CimatronE 图标或选择“开始”菜单→CimatronE 命令，运行一段时间后即可进入 CimatronE 的初始界面，如图 1-1 所示。

图 1-1 CimatronE 的初始界面

在初始界面中选取“文件”→“新建文件”，或直接从工具列上选取【新建文件】图标，出现“新建文件”对话框，如图 1-2 所示。

用鼠标左键单击（简称为“单击”）图 1-2 中的【NC】图标，然后单击【确定】按钮，就可以进入软件的“编程环境”窗口，如图 1-3 所示。通过编程向导上的【读取模型】命令把已经创建好的零件模型或者是装配模型加载到编程环境中，即可对当前文件编写所需的刀具路径。

图 1-2 “新建文件”对话框

图 1-3 “编程环境”窗口

2）在 CAD 环境下，当完成了模型的创建后，可以在图 1-4 中选择【文件】→【输出】→【至加工】，即可进入到编程环境。建议在创建模型时把编程所需的坐标系创建好。

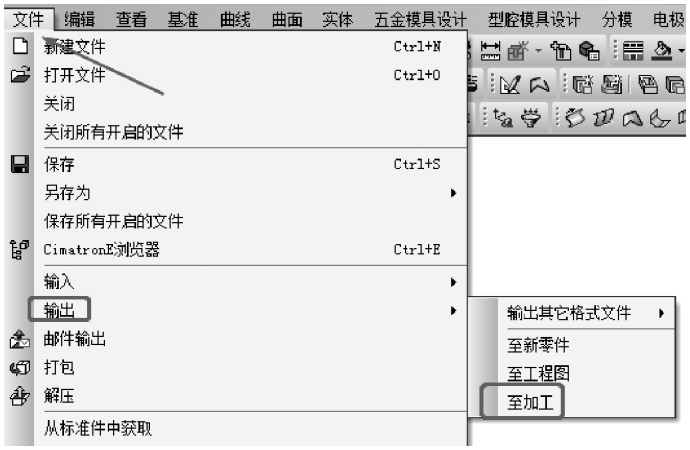


图 1-4 进入编程环境的另一种方法

3）当读取外来文件时，展开图 1-5 中的【通用】选项卡，并勾选【输入至 NC】选项，也可以把外来文件直接输入到编程环境，此时零件的摆放位置可能不如编程者所愿，但可以通过 CAD 功能把零件摆放到所需位置。

图 1-6 是将外来 CAD 模型文件加载到编程环境的结果。

【提示】 如果客户只购买 CimatronE 的 NC 模块，编程者只能通过这种办法把外来文件加载到编程环境。如果购买全部模块，则没有这个限制。

图 1-5　输入外来文件到编程环境

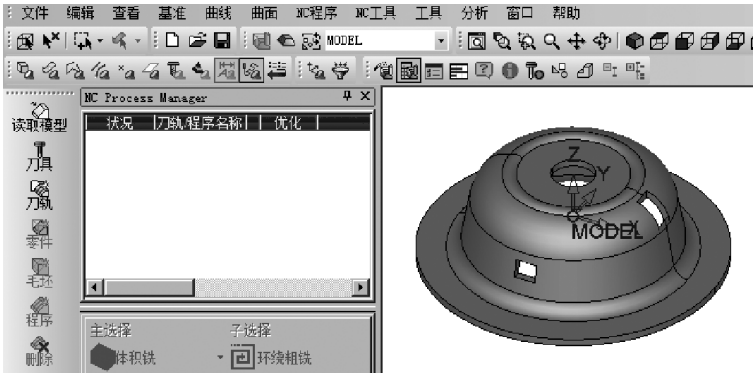


图 1-6　将外来 CAD 模型文件加载到编程环境的结果

1.1.2　编程界面

CimatronE 的编程界面比较简洁，如图 1-7 所示，它包括 7 个区域。

1）菜单区域：和一般的应用软件一样，菜单区域是编程环境下所提供的菜单选项，如图 1-7 中“1”所处的区域。

2）工具栏区域：编程者可以在此区域找到常用的的命令，方便用户更快地编程，如图 1-7 中“2”所处的区域。

3）程序管理区域：在此区域可以对程序进行管理，例如对程序的复制、删除、轨迹显示、轨迹颜色的修改、添加程序注释等，如图 1-7 中“3”所处的区域。

4）交互区域：在此区域可以对模型修改、测量数据以及对轨迹进行线框模拟等，如图 1-7 中“4”所处的区域。

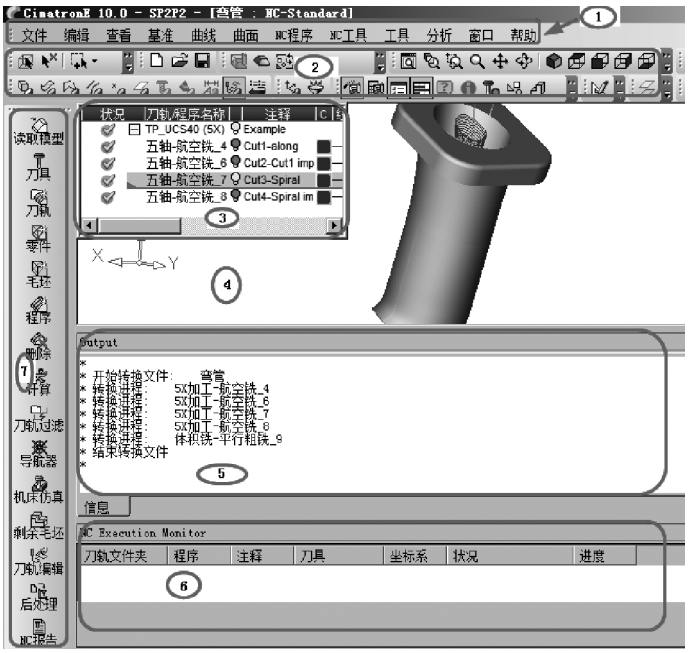


图 1-7　CimatronE 的编程界面

5）信息输出区域：该区域用来显示一些信息，比如显示程序的计算时间，可以通过菜单里的【查看】→【面板】→【日志输出】来控制此区域的打开和关闭，它处于整个界面的下侧，如图 1-7 中“5”所处的区域。

6）计算监视区：此区域用来监视后台计算程序的进度，如图 1-7 中“6”所处的区域。

7）编程向导区域：在此区域按照向导提供的命令就可以完成程序的设计，如图 1-7 中“7”所处的区域。

在编程过程中，不一定把这 7 个区域全部打开，比如信息输出区域和计算监视区域经常是处于关闭状态的，只有需要这个窗口时它们才被打开。

1.1.3　编程菜单

编程菜单常用的有 NC 程序和 NC 工具，NC 程序下的命令图标和含义见表 1-1，NC 工具下的命令图标和含义见表 1-2。

表 1-1　NC 程序下的命令图标和含义

命令图标	中文名称	含　义
	读取模型	调入用来编程的模型
	NC 设置	定义加工坐标系统
	刀具	定义铣削程序或者钻孔程序所需要的刀具

（续）

命令图标	中文名称	含　义
	刀轨	刀轨是刀具路径的简称，有时也称为刀路，它是在给定的加工轴数下完成的程序系列
	零件	零件代表的是最终加工结果，用来在模拟时进行实际加工结果和理想结果的比对。零件也可以用来创建实际夹具等，用于机床仿真。零件不是必须要创建的
	毛坯	毛坯代表的是模型在加工之前的状态，创建毛坯可以优化刀路，也可以进行机床仿真和校验
	程序	程序是通过定义加工策略、加工对象、刀具和加工参数而生成的一组刀具移动轨迹，一个或者多个程序构成刀轨
无图标	自动钻孔	用来自动生成钻孔程序，包括孔组的管理、自动定义钻孔工艺和修改钻孔工艺功能选项
无图标	程序操作	在工作模式对话框中可以执行如下操作：保存并关闭、保存并计算、保存原始和取消
	计算	对程序或者刀具路径进行刀具的轨迹计算，常用来对保存并关闭程序的计算
无图标	停止所有程序计算	停止后台计算的所有程序，相当于前台计算时按下空格键
无图标	模拟	从模拟里可以选择如下操作： ● 剩余毛坯：计算某一个程序加工后的剩余毛坯 ● 机床仿真：切换到机床仿真窗口，可以带机床对加工过程进行材料模拟 ● 导航器：切换到线框模拟窗口，用来对刀路轨迹进行显示并分析
	后处理	对已经计算过的程序或者刀具路径输出 G 代码文件
	NC 报告	对 NC 文件创建一个含有各种加工信息的报表
	捕获报告图片	在窗口抓取图片并可以保存为 JPG 文件格式，此图片可以用在加工报表里

表 1-2　NC 工具下的命令图标和含义

命令图标	中文名称	含　义
	刀轨编辑	手工编辑刀路轨迹
	刀轨列表	把选择刀轨下的程序转换成一个 ASCII 文件
无图标	模板	可以完成下面的模板选项： ● 存为模板：把程序或者刀轨存成模板以供后面编程使用 ● 应用模板：选择合适的模板进行编程

（续）

命令图标	中文名称	含　义
无图标	切换毛坯类型	可以更改毛坯依存机制： ● 自由方位机制：毛坯依存机制独立于程序的坐标系方向 ● 依存方位机制：毛坯依存机制依赖于程序的坐标系方向
无图标	切换2D刀具补偿类型	可以更改刀具补偿类型： ● 刀尖位置：程序代码和刀具直径相关 ● 几何位置：程序代码和刀具直径无关

1.1.4　编程工具栏图标

CimatronE工具栏图标如图1-8所示，各个命令图标和含义见表1-3。

图1-8　工具栏图标

表1-3　NC工具下的命令图标和含义

命令图标	中文名称	含　义
	切换到CAM（NC）模式	把当前的CAD模式切换到CAM编程模式
	切换到CAD模式	把当前的CAM模式切换到CAD编程模式，对模型进行编辑
	更新规则	根据当前模型状态，此功能可以把定义的规则传递到NC程序里并更新
	坐标系切换	为TP或者当前程序选择坐标系
	切换到向导模式	把当前编程窗口切换到向导编程窗口
	切换到高级模式	把当前编程窗口切换到高级编程窗口
	程序管理器	对程序管理器进行隐藏或者显示
	计算监视器	对程序进行后台计算时，可以通过它显示或者隐藏计算的进度
	编程助手	当在输入尺寸参数时，打开编程助手，可以显示参数的图示说明
	信息栏	当导航器打开时，在模拟轨迹时可以通过单击此按钮打开信息栏，信息栏含有进给、转速和刀具信息等

（续）

命令图标	中文名称	含　义
	隐藏显示刀具	在图形显示区域隐藏或者显示当前刀具
	集合	打开或者关闭集合窗口
	M 视图	在 NC 环境下显示 M 视图信息
	折叠所有	把程序管理器上的所有信息全部折叠隐藏
	展开所有	把程序管理器上的所有信息全部展开显示

1.1.5　常用的编程子菜单

进入 NC 模块后，在绘图区或者程序管理器上单击鼠标右键（简称单击右键）即可弹出子菜单，子菜单弹出的选项和当时的任务状态有关，可以得到的子菜单有：

（1）定制程序管理器栏的子菜单　在程序管理器的工具栏上单击右键（例如在图 1-9 中的“注释”位置上单击右键），则可以弹出对程序管理器栏进行定制的子菜单，如图 1-10 所示，勾选某项则表示在管理器栏上显示该项目。

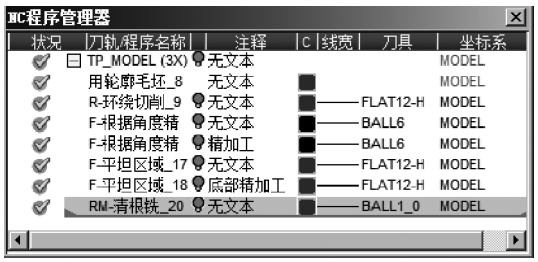


图 1-9　程序管理器

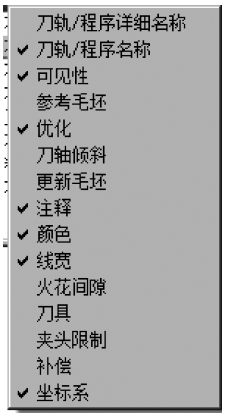


图 1-10　定制管理器栏子菜单

（2）通用 NC 子菜单　在绘图区或者程序管理上任何地方单击右键，弹出的即为通用 NC 子菜单，如图 1-11 所示。这个菜单包括了大部分的设计 NC 程序的操作命令，其中大部分命令前面已经解释过了，下面解释没介绍过的参数。

1）显示计算日志：显示程序计算的时间和坐标的最大、最小值。

2）改变注释：改变程序的注释。

3）改变火花间隙：可以快速进入程序里的电极参数项，方便对其修改。

4）改变刀具：更改程序中的刀具。

（3）程序参数子菜单　当创建或者编辑程序参数时，下面两个子菜单可以根据情况弹出：

在绘图区单击右键，弹出的子菜单如图 1-12a 所示，各个参数的含义是：

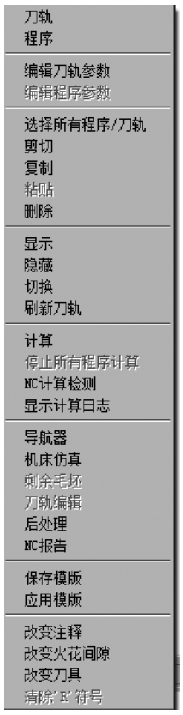


图 1-11　通用 NC 子菜单

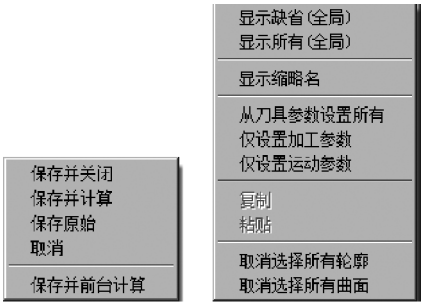


图 1-12　程序参数子菜单

1）保存并关闭：保存输入了参数的程序，过后去计算刀路轨迹。

2）保存并计算：在后台执行程序，最后会保存并关闭该程序，刀路轨迹将会被计算出来。

3）保存原始：以系统默认的参数保存该程序。

4）取消：关闭程序，但程序没有被保存。

5）保存并前台计算：在前台执行程序，最后会保存并关闭该程序，刀路轨迹将会被计算出来。

在刀路参数输入区单击右键，弹出的子菜单如图 1-12b 所示，这个子菜单可以完成以下操作：

1）控制参数的显示和隐藏。

2）把刀具的加工参数加载到刀路参数里。

3）把刀具的运动参数加载到机床参数里。

4）复制和粘贴参数值。

5）取消所有选择的轮廓。

6）取消所有选择的曲面。

（4）曲面选择子菜单　当在 NC 程序中选择零件面或者检查面时，在绘图区的任何位置单击右键，则可弹出图 1-13 所示的子菜单，各个参数的含义是：

1）所有显示的曲面：选择绘图区显示的所有曲面。

2）根据规则选取曲面：使用规则选择曲面，常用于模板编程。

3）重置规则：取消使用规则选取的曲面。

4）重置手动选择图素：取消手动选择的曲面。

5）重置所有：取消所有选择的曲面，将重新选取曲面。

6）从另一组移动曲面：把某一组中的曲面移到另一组曲面中。

7）结束选择：结束曲面的选择。

（5）轮廓选择子菜单　当在 NC 程序中选择轮廓时，在绘图区的任何位置单击右键，则可弹出如图 1-14 所示的子菜单，各个参数的含义是：

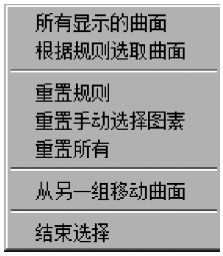


图 1-13　曲面选择子菜单

图 1-14　轮廓选择子菜单

1）修改轮廓：对轮廓进行修改，例如轮廓间隙、轮廓的圆角等。

2）转换为特征：把选择的轮廓变成一个特征，例如变成组合曲线。

3）显示：对轮廓标签的显示进行控制，只有在轮廓管理器勾选使用标签选项时才能激活这个功能。

4）改变切削区域：改变轮廓的角色，例如允许加工或者禁止加工。

5）草图：通过草图生成加工轮廓。

6）高级选择：进入到选择轮廓的高级模式。

7）多轮廓：可以快速选择多个轮廓。

8）根据规则：使用规则选择加工轮廓。

9）剪切：把轮廓从一个程序里剪切掉。

10）复制：从一个程序复制轮廓。

11）粘贴：把上面复制的轮廓粘贴到另一个程序里。

12）选择性粘贴：对轮廓的参数可以有选择地粘贴。

13）删除：删除选择的轮廓。

14）重置所有：取消所有选择的轮廓。

15）清除选择：取消轮廓的选择状态。

1.1.6 编程模式的选择

CimatronE 提供了两种编程模式，一种是向导模式，另一种是高级模式，两种模式可以通过以下两种方法进行切换：

1）选择【查看】→【面板】命令，如图 1-15 所示，其中向导模式编程窗口如图 1-16 所示，高级模式编程窗口如图 1-17 所示。

2）也可以从工具条上单击图标进行切换：单击图标 会切换到向导模式，单击图标 会切换到高级模式。

使用向导模式编程时，系统将以对话框的形式引导编程者进行操作，绘图区显示的范围较大，操作过程中弹出的对话框是悬浮在屏幕上的，不占用交互区域的空间。

图 1-15 编程模式选择

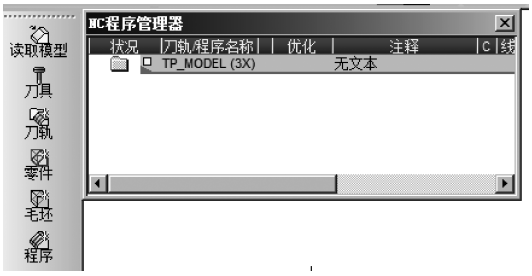


图 1-16 “向导模式编程”对话框

图 1-17 “高级模式编程”对话框

使用高级模式编程时，NC 程序管理器和程序参数表将在屏幕的左边显示，进行程序的创建时，各种参数的设置与操作将在程序区和程序参数表中直接进行，不会弹出向导窗口。

建议初学者使用向导模式进行编程，有 CimatronE 编程基础的用户可使用高级编程模式进行编程。

1.1.7 编程向导条

向导模式编程是 CimatronE 软件的一个特点，位于编程窗口的左侧，可以指导编程者从加载模型到 G-代码生成的整个编程工作，向导条上每一个图标都担负着不同的任务，其各个命令图标的含义是：

1）

：调入用来编程的 CAD 模型，模型可以是 CimatronE 的单个零件形式，也可以是 CimatronE 装配组件形式。

2）

：设计用来加工模型所需要的各种刀具，在刀具管理器窗口可以定义刀具直径、刀杆长度、夹头尺寸以及加工参数等。

3）

：创建刀轨就是选择加工零件所需要的机床类型，刀轨下面是由一个或者多个程序组成。

4）

：创建一个代表最终产品的理论模型，它将在后面的校验中被用来对零件的实际加工结果和理论模型比较，以便发现加工中存在的过切或者欠切问题，也可以通过这个命令创建一些夹具或者辅具零件，用来进行机床加工仿真。

5）

：创建用来代表在零件上要去掉的材料，它用来优化程序和路径切削的仿真，编程时一般都要根据实际毛坯的外形来创建。

6）

：创建铣削或者钻孔的刀路轨迹，需要在这里指定刀具、路径参数、加工对象和机床参数，是编程的主要部分。

7）

：删除不需要的程序或者 TP（刀轨），此命令也可以在程序管理区域或者在图形交互区域通过单击右键得到。

8）

：多个程序或者 TP 被定义后，可以通过这个命令进行刀路轨迹的计算。

9）

：用来对轨迹的管理，例如对轨迹快速运动轨迹或者最大进给轨迹进行显示和隐藏，以便编程者方便分析刀路轨迹。

10）

：用来对计算后的刀路轨迹进行查看，比如查看刀具的进刀和退刀情况，查看是否过切等。

11）

：对程序进行实际切削的仿真和校验，可以对加工结果和理论模型进行对比，编程者可以根据情况决定是否需要加载机床进行模拟。

12）

：查看当前程序执行后的毛坯剩余情况，也可以把剩余毛坯存为一个文件作为他用。

13）

：手工编辑已经由系统计算完的程序，由编程者对刀路轨迹进一步优化处理，比如删除一些毛坯很小的区域粗加工的刀路轨迹。

14）

：对计算过的程序进行后处理，以便得到机床能够识别的 G 代码文件，后处理有 Gpp 和 Gpp2 两种类型。

15）

：对编制的 TP 生成一个在车间可用的加工报告，报告包含程序名字、程序注

释、程序使用的刀具以及程序加工参数信息。NC 报告可以根据客户需求进行定制，因为它是系统自动生成的报告，不会出错，因此可以减少加工废品率。

【提示】

● 在编程过程中，只有和当前工作相关的向导命令才能被激活，比如还没有创建刀轨(TP)，向导条上只有前三项是激活的，其余是不可用的。

● 向导上的命令都可以在主菜单中找到。

1.2 CimatronE 编程流程

软件的编程流程根据编程者的经验和零件的复杂程度可能稍有不同，一般会经过以下步骤来完成零件的编程任务。

1.2.1 读取模型

读取模型就是将一个完整的 CAD 模型调入编程环境，模型将作为加工对象进行程序的编制，读取的模型可以是单个零件，也可以是一个包含多个零件的组件，无论是单个零件还是组件，均要求是 CimatronE 格式。

单击编程向导条上的【读取模型】图标，系统将打开 CimatronE 浏览器，如图 1-18 所示，选择文件路径和文件名，单击【选择】按钮，或者双击文件名即可调入模型。

图 1-18　调入模型

加载模型后，可以指定模型的放置位置，默认为直接放置到当前坐标系的原点，同时不进行旋转。在特征向导栏中有两个可选项，如图 1-19 所示，可以对模型重新定位或者根据要求进行旋转。

模型加载完毕，在窗口的交互区会出现零件模型，如图 1-20 所示。

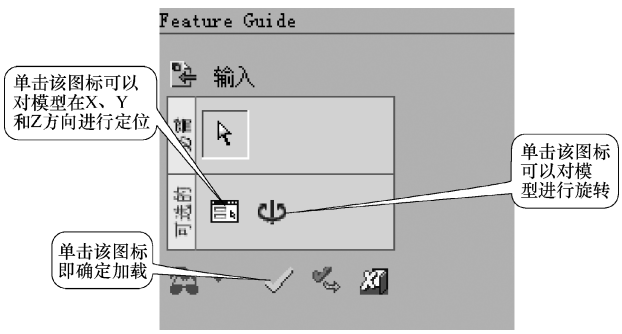


图 1-19　模型放置向导栏

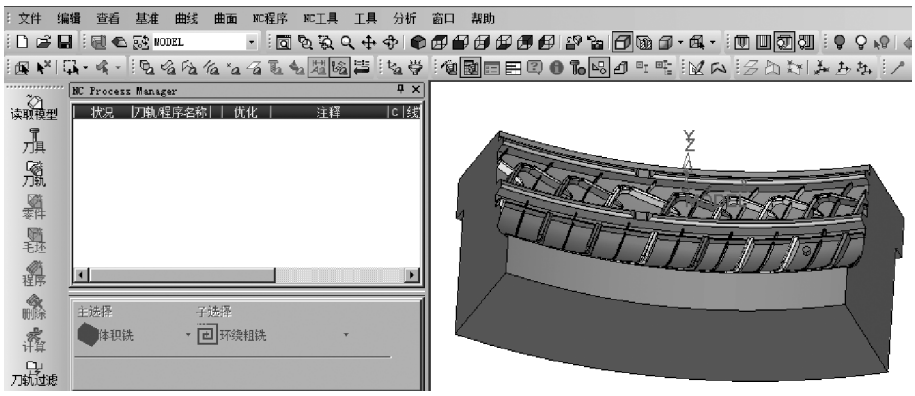


图 1-20　读入到编程环境下的模型

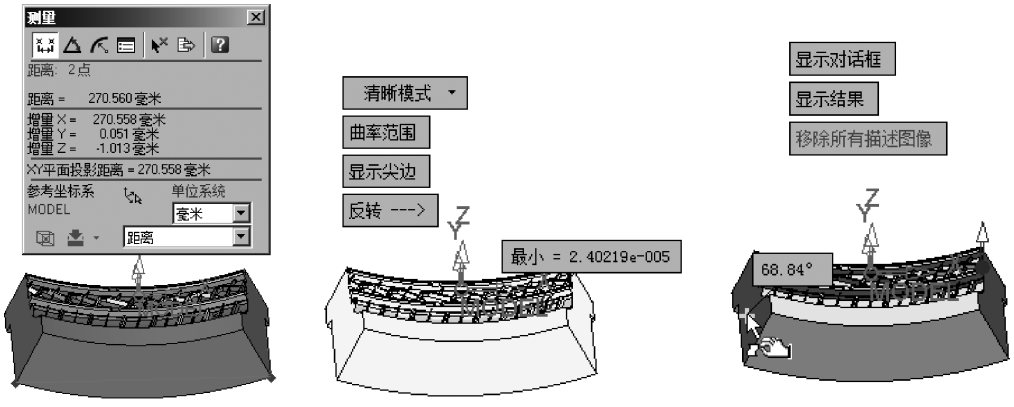
1.2.2　模型数据分析

模型数据指的是模型的关键尺寸、各处圆角以及模型的拔模角等，分析出来的数据可以帮助编程者选择刀具和制定合理的加工工艺。

1）通过工具条上的测量命令，可以了解模型的关键尺寸，如图 1-21a 所示。

2）通过选择菜单/曲率分析命令，可以了解零件各处圆角，如图 1-21b 所示，单击图中的“曲率范围”，会出现可供选择的菜单。

3）通过选择菜单/方向分析命令，可以了解零件的拔模角，如图 1-21c 所示，图中的 68.84°即为拔模角。



a)　　b)　　c)

图 1-21　数据分析

1.2.3　创建刀具

创建刀具就是创建程序所需要的所有刀具。单击向导条上的【刀具】图标，进入到“刀具及夹头”面板，如图 1-22 所示。

在图 1-22 所示的面板里，可以选择刀具的类型，输入刀具直径和长度，对于加工复杂

零件或者在5轴加工中，则需要定义刀柄尺寸，也可以通过切换，定义刀具的加工参数和运动参数，定义的这些参数可以自动加载到程序参数里。

完成一个刀具定义后，可以单击【应用】按钮进行下一个刀具的设计，完成整个刀具的设计后，可以单击✓按钮退出刀具定义面板。

【提示】 编程时可以在预设值设置自动加载刀具库，这样可以自动把事先定义好的刀具加载进来，可节约创建刀具的时间，提高编程效率。

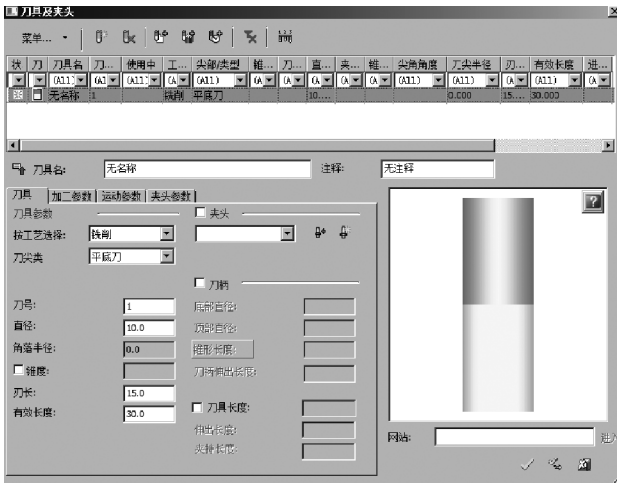


图1-22 “刀具及夹头”面板

1.2.4 创建刀路轨迹

刀路轨迹包含一个或者多个程序，一个NC编程文件可以包含多个刀路轨迹，每个刀路轨迹可以使用不同的坐标系。

单击编程向导条上的【刀轨】图标刀轨，则可以弹出“创建刀轨”对话框，如图1-23所示。在此窗口可以完成以下操作：

1）输入刀轨的名称：可以输入中文。

2）选择加工类型：类型指的是所使用机床的加工轴数量，它由零件的工艺复杂程度决定。

3）加工精度高的零件选择“微铣削”选项：此选项中加工精度可以达到0.0001mm。

4）指定加工坐标系：选择一个合适的编程坐标系，可单击倒三角形箭头按钮进行选择，也可以单击箭头去窗口选择坐标系。

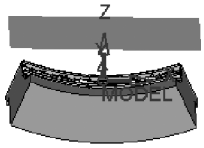


图1-23 “创建刀轨”对话框

5）指定起始点：起始点是程序开始定位的点，一般X为0，Y为0，Z（安全平面）在零件最高点上方50mm处，系统可以自动捕捉这个点。

6）输入注释：输入注释可以方便管理，通过后处理，注释还可在G代码文件里体现出来。

1.2.5 创建零件

单击编程向导上的【零件】图标零件，就会弹出创建“零件”对话框，如图1-24所示，可以创建以下三种不同用途的零件。

1）目标：它是表示理想情况下的最终产品，它将在后期的模拟中用来进行实际的加工结果和理想状态的比较，从中可以发现程序有无达到加工要求。

2）夹具：创建夹具是用于机床仿真的，可检查机床部件是否和实际夹具发生干涉。

3）其他：其他表示机床有多个加工任务的情形，创建它也是用于机床仿真。

创建零件时，系统默认模型所有面为要创建的零件面，如果打算取消选择，则可以单击窗口上【重新选择】按钮，或者单击右键，在弹出的窗口选择【重置所有】命令，如图 1-25 所示。

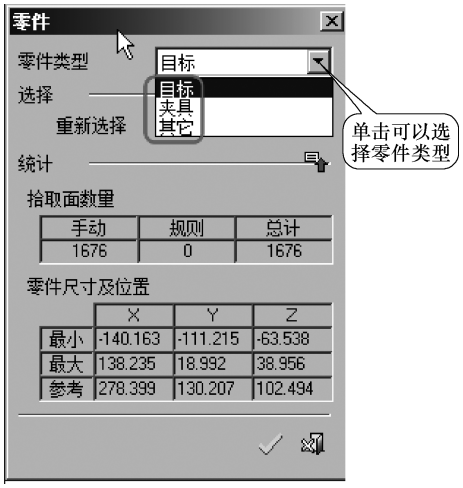


图 1-24 “零件”对话框

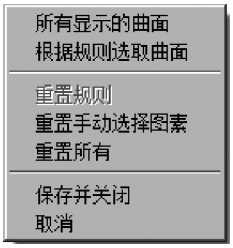


图 1-25 零件面的选取和取消

选择曲面可以手动选择也可以根据规则选取曲面，根据规则选取曲面经常用于模板编程，是高效编程所离不开的。

在“零件”对话框可以显示出选择曲面的数量以及最大和最小位置的尺寸，这些信息可以通过单击对话框收起按钮隐藏起来。

确定好零件面后，单击 按钮，则可以在程序管理器里显示零件名称。

【提示】：在复杂 5 轴加工里，应该在编程之前把目标零件、夹具零件和其他零件都设计好，可以把它们设计在一个模型里并分配到不同的集合中，然后可以通过规则或者手动选取完成此步的创建。

1.2.6 创建毛坯

毛坯是模型在加工之前的状态，创建毛坯可以用于机床实际加工仿真，也可以优化刀具路径，提高加工效率和安全。

单击编程向导条上的【毛坯】图标 毛坯，就会弹出“初始毛坯”对话框，如图 1-26 所示，在该对话框定义一些参数就可以定义合适的毛坯。

单击对话框中的“毛坯类型”右侧倒三角箭头可以选择所要创建毛坯的类型，创建毛坯可以通过【曲面】、【矩形】、【限制盒】、【从文件】和【多轴毛坯】6 种方式来创建，根据曲面常用来创建铸件毛坯，【矩形】和【限制盒】常用于创建板料毛坯，【从文件】是根

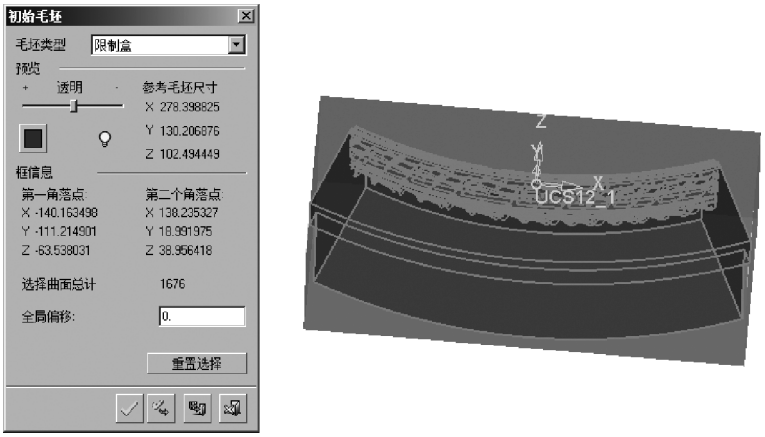


图 1-26 “初始毛坯”对话框

据 STL 格式的文件创建毛坯，【多轴毛坯】多用于定位加工。

图 1-26 所示的是矩形盒创建毛坯的情形，是系统创建毛坯的默认方式，可以自动创建一个能包容所有曲面的长方体，毛坯的透明度可以通过拖动窗口上的导滑条来控制。

窗口中显示出了选择的零件曲面数量以及角点的位置，如果默认的曲面不是所需要的则可以通过单击窗口上的【重置选择】按钮取消选择，再通过手动或者根据规则重新拾取曲面，窗口中有一个“全局偏移”参数，在后面输入一个数值，可以增加矩形盒各个方向的尺寸。

单击【确认】按钮完成毛坯的创建，毛坯会显示在程序管理器里，如图 1-27 所示。

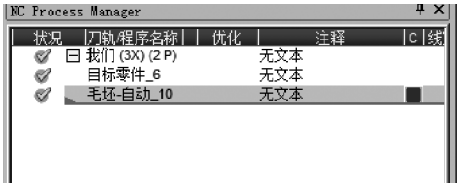


图 1-27 程序管理显示零件和毛坯

1.2.7 创建程序

创建程序是编程的核心内容，工作量比较大，不但要选择出合适的加工策略，还要为每个加工策略输入合理的加工参数。

在向导编程模式下，单击向导条上的【程序】图标 程序，系统会马上弹出“程序向导”对话框，如图 1-28 所示。

在“程序向导”对话框，需要按照以下步骤完成程序的创建：

1）选择加工策略和工艺：单击“主选择”下的按钮选择加工策略，单击“子选择”下的按钮选择加工工艺。

2）选择加工对象：图 1-28 所示的对话框就是加工对象的选择窗口。不同的加工工艺所选择的加工对象是不同的，常见的加工对象有边界、零件曲面、检查曲面等。边界用来确定刀具加工

图 1-28 “程序向导”对话框

范围，零件曲面是加工的参考对象，检查面用来防止干涉。加工对象也分可选项和必选项，例如粗加工体积铣时，有时轮廓可以不选择。

单击“边界（可选）”后面的数量按钮，则可以弹出“轮廓管理器”窗口，单击“零件曲面”后面的数量按钮则可以去窗口选择加工曲面。系统允许编程者对加工曲面进行分组以便给出不同的加工余量。轮廓和曲面的选择均可以手动拾取或者根据规则拾取，在使用模板加工时常会使用规则选取加工对象。

更改加工对象则可以在加工对象的选择窗口上单击右键并选择【重置所有】命令，再去选择所需的加工对象来完成，选择加工对象的数量会在数量按钮上显示，如图 1-29 所示。

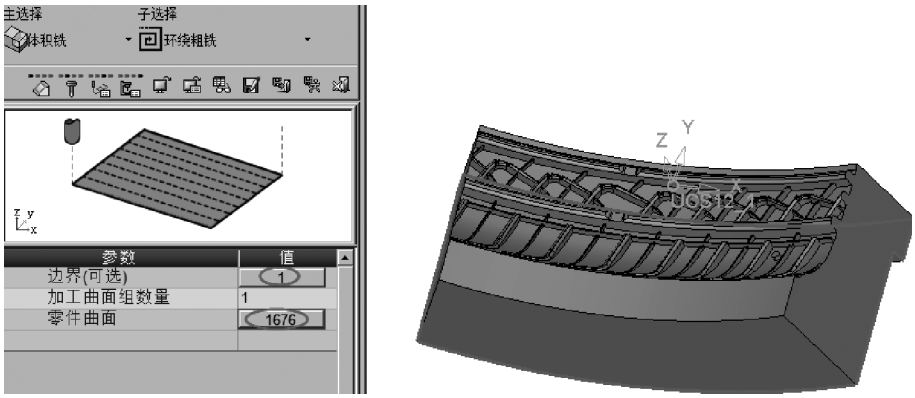


图 1-29　选择的加工对象在数量按钮上显示

3）选择刀具：完成加工对象的定义后，单击“程序向导”对话框上的【刀具】按钮，则会弹出“刀具及夹头”窗口，如图 1-30 所示。和上面创建刀具库的对话框一样，在这个对话框中可以选择已经存在的刀具，也可以创建新的刀具。

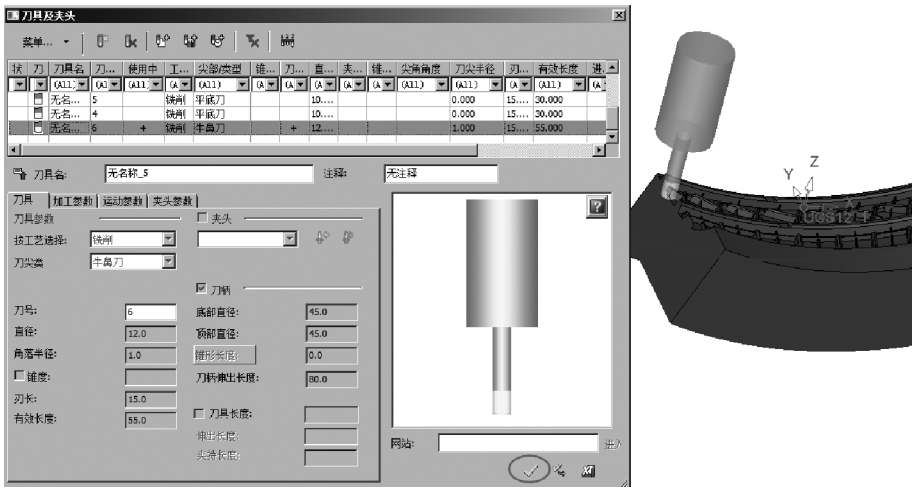


图 1-30　“刀具及夹头”对话框

选择好刀具的规格后，选择模型上的任何点以显示要加载的刀具，这样便于查看所使用的刀具是否合适，单击对话框上的【确认】按钮退出刀具的选择。

4）设置刀路参数：单击“程序向导”对话框中的刀路参数按钮，系统会弹出“刀路参数”对话框，如图 1-31 所示，这里需要设定刀路的各种参数，比如进刀、退刀方式，曲面余量和步距等，设定参数要根据实际的加工要求和切削条件来设定。

在对话框中，左侧显示的是参数名称，右侧列出了参数数值，单击参数组名称前面的“+”可以展开该组参数，单击“-”可以收起该组参数。不同的加工工艺，显示的参数是不同的。

在参数输入时，对话框会上方会显示参数的含义，比如图中显示安全平面的含义，此帮助窗口的显示和隐藏由工具条上的【编程助手】按钮来控制。

5）设置机床参数：单击“程序向导”对话框中的机床参数按钮，系统会弹出“机床参数”对话框，如图 1-32 所示，需要设定主轴转速、进给、切入和进刀进给率等。

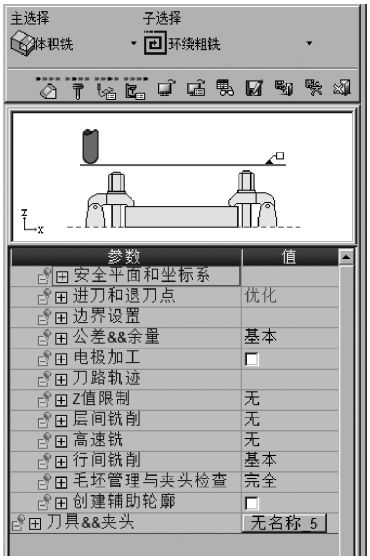


图 1-31 “刀路参数”对话框

图 1-32 “机床参数”对话框

6）快速预览程序结果：单击“程序向导”对话框中的【预览】按钮，则可以弹出“快速预览”对话框，如图 1-33 所示。快速预览是不通过程序计算就可以查看加工的结果，这个步骤经常在粗加工时用到，它可以方便地查看剩余毛坯的大小，也可以计算最小刀长，图中显示了当前参数下程序加工后的毛坯剩余情况，在 5 轴策略和钻孔中这个选项是不能用的。

7）保存程序：完成各种参数设定后，即可退出“程序向导”对话框并保存程序，退出的方式有以下两种。

① 保存并关闭：单击该图标可以保存参数记录并退出参数设置向导，程序并不立刻运算执行。显示的程序状态是黄色“”号，表示程序的参数设定完毕，但尚未执行计算，它是不能用来后处理操作的，多个保存并关闭的程序会在后面将一起进行计算。

② 保存并计算：单击该图标则可以立即对设置的程序参数进行计算，计算完成后，

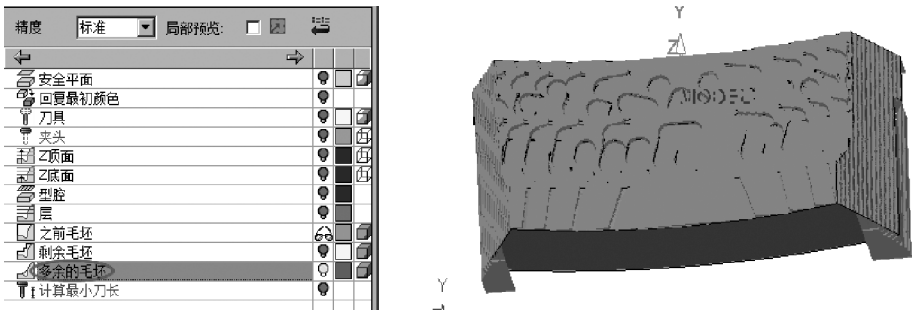


图 1-33　快速预览加工结果

会在窗口交互区显示刀路轨迹，并在程序管理器显示刚生成的加工程序，在程序的状态栏中显示绿色的“ ”号，如图 1-34 所示。

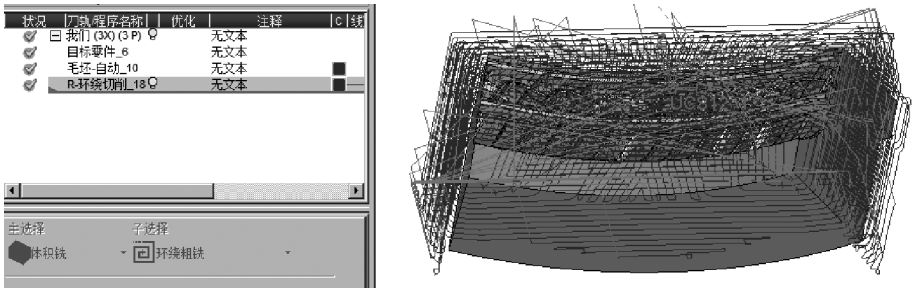


图 1-34　计算并保存后的程序管理器和刀路轨迹

1.2.8　计算程序

计算程序用于对保存并关闭的程序进行计算。对于复杂的零件编程，为了更好地统筹时间，编程者往往对多个程序进行保存并关闭，然后一起通过这个步骤完成程序的计算。

单击向导条上的【计算】图标 计算，则会弹出“计算”对话框，如图 1-35 所示。对话框左侧显示编制的程序，单击单个绿色箭头可以把选择的程序添加到计算序列，单击双绿色箭头可以把所有程序添加到计算序列，完成选择后单击 按钮即开始逐个计算选择的程序。

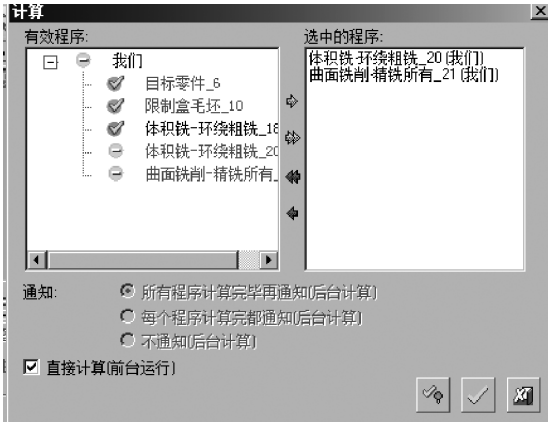


图 1-35　“计算”对话框

计算程序时，可以通过前台计算。也可以通过后台计算，通过后台计算则在计算过程中编程者可以做其他的工作，比如编制其他程序，这个是默认的选项。

1.2.9 模拟程序

模拟程序用来对编制的程序进行仿真模拟，它可以验证程序编制的程序是否有问题。单击向导条上的【机床仿真】图标 ，则会弹出“机床仿真”对话框，如图1-36所示，在对话框的上部选择要模拟的程序，并在“方式”栏里选择要模拟的方式，共有三种模拟方式，其中“标准”模拟方式功能最为强大。

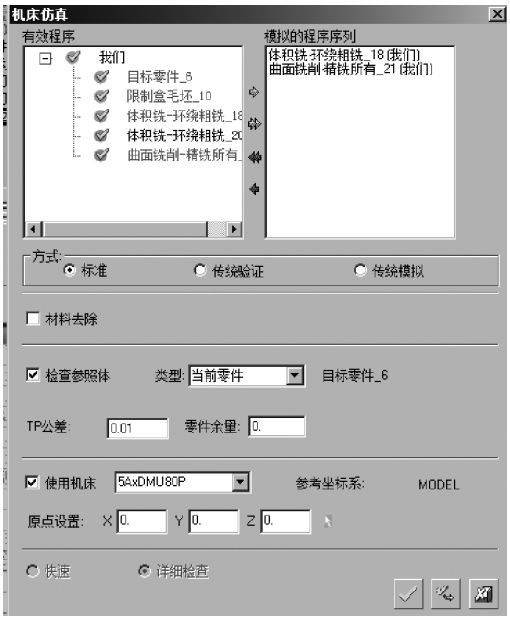


图1-36 “机床仿真”对话框

在“机床仿真”对话框中，勾选“材料去除”选项，可以把毛坯加载到模拟环境，刀具会按照刀路轨迹进行实体材料仿真切削，随时更新毛坯以得到最终的加工外形，并对切削过程实时跟踪。还可以选择“检查参照体”，参照体实际就是在1.2.5节中创建的零件，选择参照体可以发现零件是否过切，并能发现机床部件是否和零件或者夹具发生干涉。

勾选“使用机床”选项，则可以选择机床进行仿真，CimatronE机床库里有多个常用机床供编程者使用。

在“机床仿真”对话框中选择好模拟程序并定义好各项参数后，单击【确认】按钮即可进入“机床模拟”对话框，如图1-37所示。是“标准”模拟的窗口，单击图中箭头所指的【运行】按钮，即可对程序进行加工仿真。在模拟的过程中如果发生干涉或者碰撞，则可以在右侧的报告窗口显示有问题的信息，如图1-38所示。

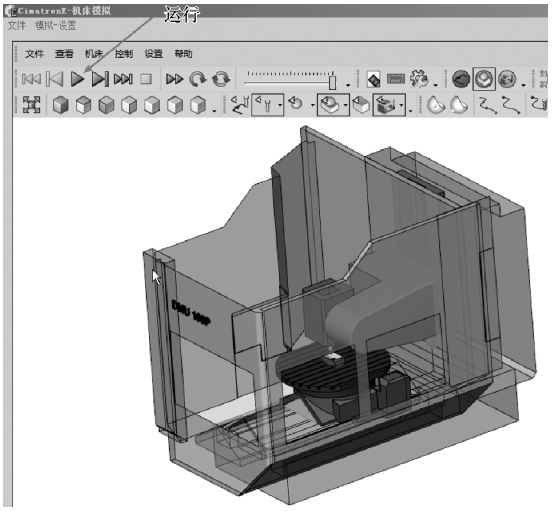


图1-37 “机床模拟”对话框

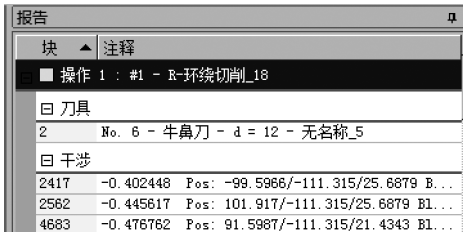


图1-38 报告错误信息

1.2.10 后处理

这个步骤是把计算过的程序转化成机床加工所需要的G代码文件，单击编程向导条上的后处理图标 后处理，则会弹出“后处理”对话框，如图1-39所示。选择程序并单击绿色箭头（电脑界面中为绿色）进入到后处理选择系列里。

后处理有GPP编译和GPP2编译两种，多轴程序的后处理一般都是GPP2编译的。选择GPP的后处理的窗口就是图1-39所示的对话框，在交互界面选择G代码参数后，单击【确认】按钮即可生成G代码文件。

如果选择GPP2编译的后处理，则单击【确认】按钮会进入到GPP2后处理窗口，如图1-40所示。选择好合适的参数后单击工具条上的运行按钮，则可以生成G代码文件，图1-41显示的是FANUC系统的G代码。

使用GPP2编译的后处理，可以选择参考坐标系，比GPP编译的后处理更加灵活。

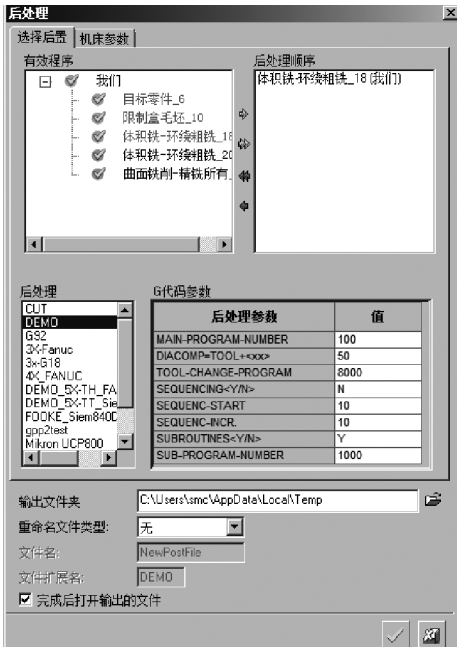


图1-39 “后处理”对话框

图1-40 “GPP2”后处理对话框

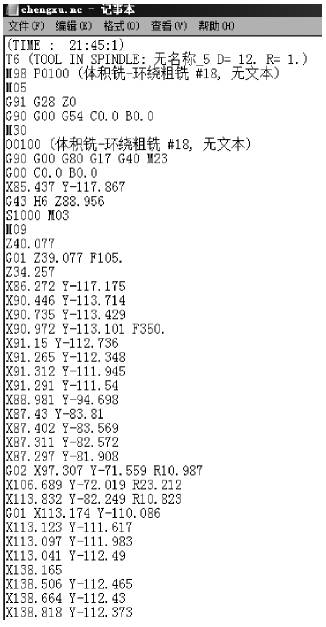


图1-41 G代码文件

1.2.11 生成加工报告

单击程序向导条上的【NC 报告】图标，则会弹出“NC 报告”对话框，如图 1-42 所示，选择程序到输出报告序列，再选择输出格式和输出报告的位置，单击按钮即可生成一张完整的加工报表，如图 1-43 所示。

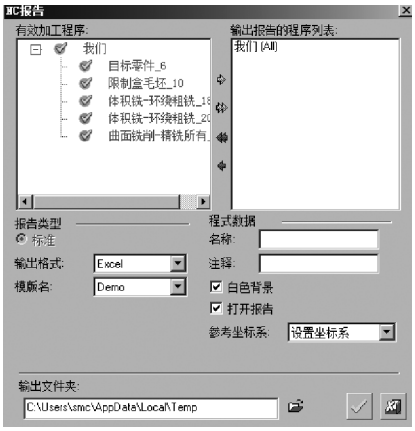


图 1-42 “NC 报告”对话框

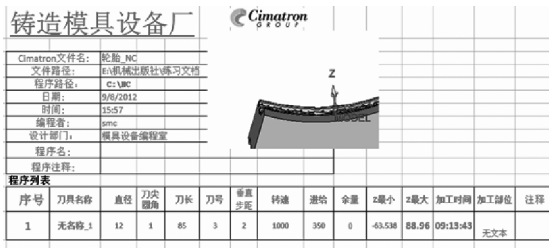


图 1-43 加工报告

以上介绍了 Cimatron E 的编程流程，在这些过程中，有些是可以略去的，比如零件的创建，但有时候还可以增加一个流程，比如使用导航器功能查看刀路轨迹，不是对所有的零件编程都采用同一个流程，应该根据编程的复杂程度灵活进行选择。

1.3 CimatronE 刀具及夹头管理器

CimatronE 为编程者提供了非常灵活而且强大的刀具和夹头管理器，不但可以创建有序的刀具库，还可以从标准的经过编制的刀具文件直接加载刀具库。

单击向导条上的【刀具】按钮，则可以打开“刀具及夹头”管理器对话框，如图 1-44 所示，在此对话框可以设计各种规格的刀具和夹头。

1.3.1 刀具及夹头管理器的操作按钮

“刀具和夹头”管理器的操作按钮的功能介绍如下：

1）菜单...：单击【菜单】按钮会显示如图 1-45 所示的下拉菜单。其各项分别为：

① 选择列：定制刀具库的列表，并可安排列的左右顺序。

② 删除所有重复刀具：删除刀具表里类型、尺寸规格、加工参数一样的刀具。

③ 输出选中的刀具至刀具库：把选择的刀具输出成一个 CHL 刀具库文件。

④ 输出选中的刀具：把选中的刀具输出成一个 CSV 刀具库文件。

⑤ 输出选中刀具的夹头：把选中的刀具的夹头输出成一个 CSV 文件。

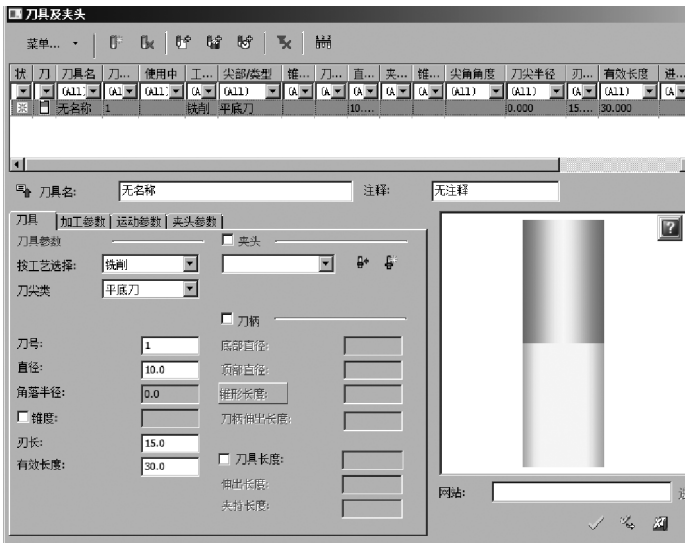


图 1-44 “刀具及夹头”管理器对话框

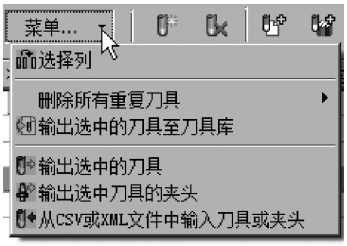


图 1-45 管理器中的下拉菜单

⑥ 从 CSV 或 XML 文件输入刀具或夹头：从外部 CSV 或 XML 文件输入刀具或夹头到当前 NC 文件的刀具表中。

2） ：在刀具表中创建一把新刀具。

3） ：在刀具表中删除不需要的刀具。

4） ：从 CimatronE 文件中加载刀具。

5） ：从刀具库中加载刀具。

6） ：从最近使用的列表中选择刀具。

7） ：清除过滤，只有使用了过滤显示时，此按钮才被激活。

8） ：对选择的刀具进行编号，可以定义起始号和刀号的增量。

9） ：单一显示模式，刀具具体数据被折叠起来，显示的窗口变小。

10） ：完整对话模式：显示全部的对话框窗口。

11） ：从夹头库导入夹头。

12） ：新建一个夹头。

13） ：删除未使用的夹头。

14） ：确认对刀具库的修改并退出管理器窗口。

15） ：同意对刀具库的修改但不退出管理器窗口。

16） ：删除对刀具库的修改并退出管理器窗口。

1.3.2 刀具表功能

刀具表是在“刀具及夹头”管理器或者是“刀具库”上显示的用来定义刀具的表格，如图1-46所示的矩形框区域，刀具表可以把在当前NC文件定义的刀具全部显示出来。

图1-46 刀具表

刀具表中的每一把刀具都包括刀具类型、刀具名称、刀具号和刀具的其他参数。单击刀具及夹头菜单下的选择列命令，则可以对刀具表的栏目进行定制，并且对栏目进行左右排序。

刀具表中的状况栏用来显示当前刀具的状态，根据情况可以显示以下三种图标：

1） ：表示当前的刀具已经在刀具表里被编辑但是还没有保存，单击管理器窗口上的【确认】或者【应用】按钮可以取消这个显示状态。

2） ：表示一把新的刀具被创建，但刀具参数还没有被保存，单击管理器窗口上的【确定】或者【应用】按钮可以取消这个显示状态。

3） ：表示先前版本创建的刀具有问题，一定要修改参数才能使用。

刀具表项目栏下都有一个过滤选项，默认的是ALL（全部显示），单击“ALL”所处的位置可展开下拉菜单选择显示的内容。

1.3.3 刀具表参数

刀具参数表位于图1-47中用粗线所画矩形框在的区域，包括刀具参数、加工参数、运动参数（钻头是循环参数）和夹头参数。

1. 刀具参数

刀具参数主要包括刀具类型、规格和长度等，如图1-47所示，各个参数的含义是：

（1）按工艺选择　是指刀具的类型，包括铣削刀具、钻孔刀具和成型刀具三种类型。

（2）刀尖类　指定刀尖类型，铣刀有平刀、牛鼻子刀和球刀三个类型，钻孔刀具有钻头、中心钻、丝锥和铰刀4个选项，成形刀有棒铣刀、槽铣刀、燕尾槽铣刀、沉头刀和仿形刀具。

（3）刀号　确定刀具在实际机床刀库的位置编号。

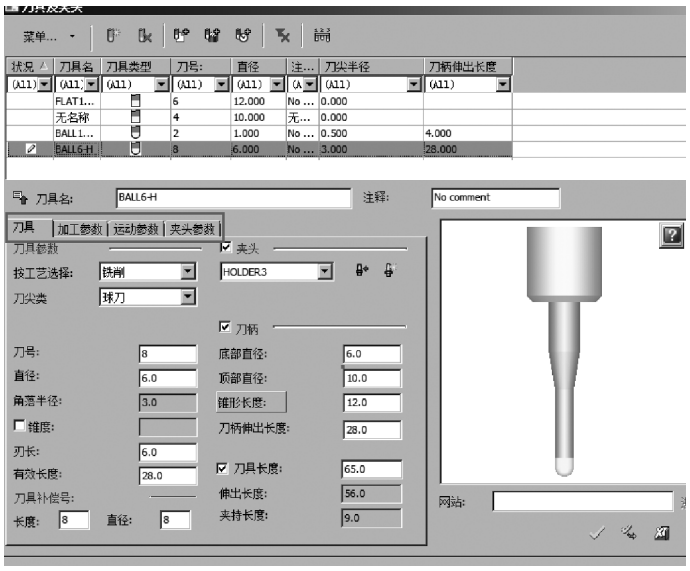


图 1-47　刀具参数

（4）直径　是切削刃的直径，对于锥型刀具，指的是刀具底端直径。

（5）角落半径　牛鼻子类型刀具的圆角半径，平刀和球刀不需要输入，默认即可。

（6）锥度　刀具切削刃外轮廓母线和回转轴的夹角，常用于 2.5 轴精加工。

（7）刃长　具有切削部分的长度，尽管和计算轨迹无关，但是和加工模拟相关。

（8）有效长度　刀杆以下部分的长度，包括刃长。

（9）刀具补偿号　只有在预设值/NC/Default_ values 中勾选补偿控制时才能出现这个参数，包括长度和直径的补偿号，要结合合适的后处理使用。

（10）刀柄　勾选这个选项则可以为刀具定义刀柄尺寸，在复杂零件加工尤其是 5 轴加工定义刀柄时是必不可少。

（11）底部直径　刀柄底部的直径。

（12）顶部直径　刀柄顶部的直径，如果底部直径不等于刀柄的底部直径，则刀柄是锥形的，需要指定锥度部分的长度。

（13）锥形长度　刀柄锥形部分的长度，如果底部直径等于顶部直径，则锥形长度为 0。

（14）刀柄伸出长度　刀柄伸出夹头的长度，包括刀柄的锥形长度。

（15）刀具长度　刀具的整个长度，包括有效长度、刀柄伸出长度和夹持长度。

（16）伸出长度　是有效长度与刀柄伸出长度的和。

（17）夹持长度　刀具夹在刀柄里的长度。

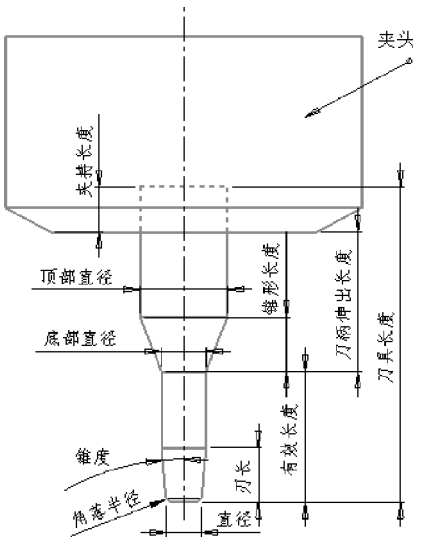


图 1-48　刀具参数标注

各个参数对应的刀具位置如图 1-48 所示（以锥

形铣刀为例)。

2. 加工参数

加工参数主要包括进给参数和切削速度，如图 1-49 所示。

3. 运动参数

运动参数包括加工深度和侧向步距，铣刀的运动参数如图 1-50 所示。如果是钻孔刀具，则运动参数会变成循环参数，如图 1-51 所示。

图 1-49　加工参数

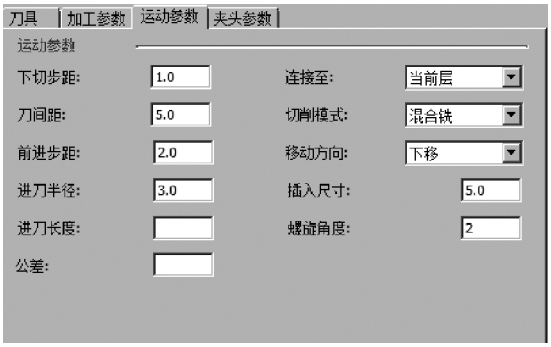


图 1-50　铣刀的运动参数

4. 夹头参数

包括夹头底部直径、顶部直径、圆锥高度和总高度，也可以把主轴的参数加进去，如图 1-52 所示。

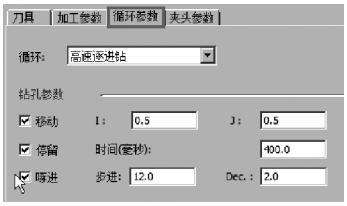


图 1-51　钻孔刀具的循环参数

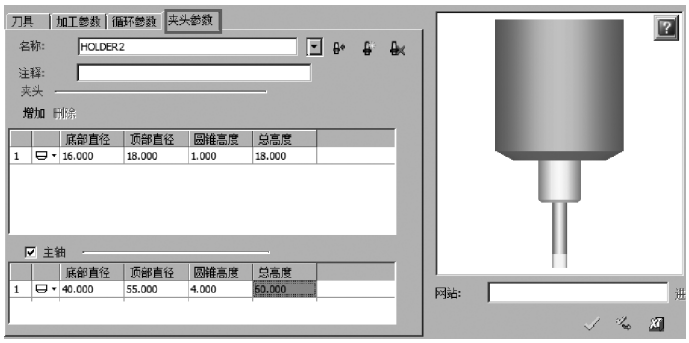


图 1-52　夹头参数

在管理器中设定的刀具运动参数和加工参数可以通过如图 1-53 所示大矩形框中的命令(在刀路轨迹参数区单击右键弹出子菜单）加载到程序的刀路参数里，这样的优点是能够减少输入的错误，只要开始在刀具表里一次输入正确就没有问题。

1.3.4　常见刀具类型

CimatronE 支持的刀具类型比较多，包括常用的铣削刀具、钻孔刀具以及成形刀具。

1. CimatronE 支持的铣刀类型

图 1-54a ~ 图 1-54c 分别是直柄平刀、牛鼻子刀和球刀的示意图；图 1-55a ~ 图 1-55c 分别是锥柄平刀、牛鼻子刀和球刀的示意图。

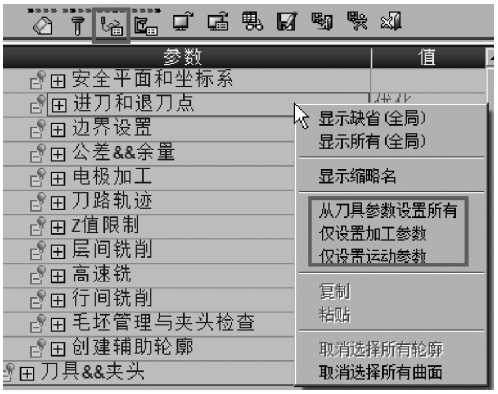


图 1-53　刀具参数加载到刀路参数

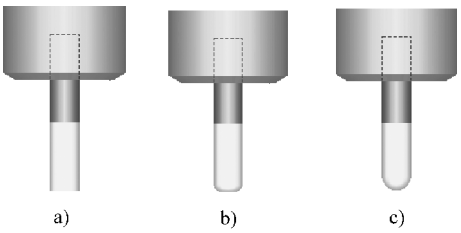


图 1-54　直柄铣刀示意图

2. CimatronE 支持的钻孔刀具类型

支持的类型有钻头、铰刀、丝锥和中心钻，其示意图分别如图 1-56a ~ 图 1-56d 所示，至于常用的镗刀通过定义钻头即可，镗刀的回转半径定义成钻头的半径。钻孔刀具常用于点钻、预钻孔、钻孔、铰孔、攻丝和镗孔等。

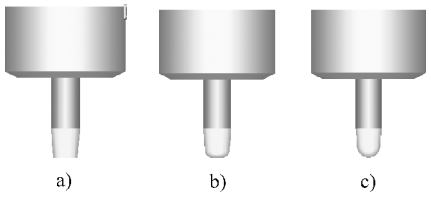


图 1-55　锥柄铣刀示意图

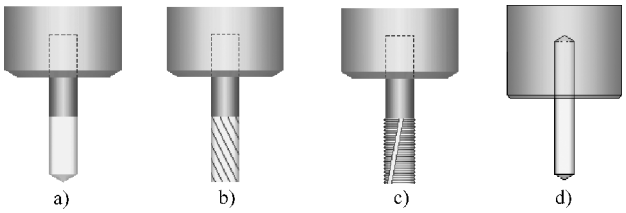


图 1-56　钻孔刀具类型示意图

3. CimatronE 支持的成形刀具类型

支持的类型有棒糖式、槽铣刀、燕尾刀、沉头刀和仿形刀，其示意图分别如图 1-57a ~ 图 1-57e 所示，成形刀具常用于产品的加工。

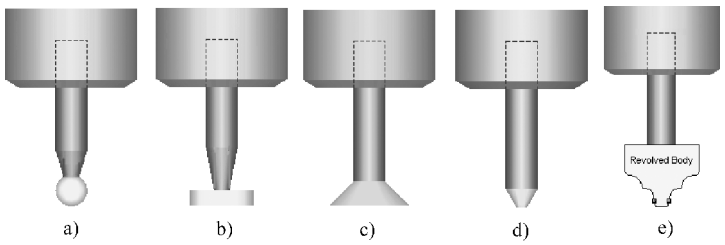


图 1-57　成形刀具类型示意图

1.3.5 刀具及夹头管理器的应用

单击向导条刀具图标，进入刀具及夹头管理器。应用 CimatronE 刀具及夹头管理器可以完成以下操作。

1）新建刀具：可以设计一把新的刀具，其操作的步骤是：

① 选择新建刀具图标。

② 输入刀具名称或者注释。

③ 选择完整对话框形式，显示全部刀具参数项，选择合适的刀具类型，并输入各项参数。

④ 单击【确认】或者【应用】按钮，完成刀具的新建任务。

2）编辑已经存在的刀具参数：其操作步骤是：

① 在刀具表里单击要编辑的刀具名称。

② 修改刀具名称和注释（如果需要）。

③ 修改刀具参数。

④ 单击【确认】按钮完成编辑工作。

3）删除刀具：对刀具库里不需要的刀具进行删除，操作步骤是：单击要删除的刀具名称，再选择删除刀具命令图标。

4）从刀具库和 NC 文件里输入刀具：可以把刀具库里的刀具、CimatronE NC 文件的刀具输入到当前刀具库中，其操作步骤是：

① 单击图标可以从已经存在的 NC 文件中输入刀具，单击图标可以从标准刀具库中输入刀具，单击图标可以从最近使用的刀具库中输入刀具。

② 选择合适的刀具，可以多选，也可以选择所有刀具。

③ 单击【确认】按钮即可完成刀具的输入。

如果在编程时自动加载刀具库，需要在刚打开的 CinatronE 初始界面上的主菜单选择工具→预设定选项，在出现的窗口进行如图 1-58 所示的设定，勾选自动加载刀具库后，单击预设定编辑器上的【确定】按钮。

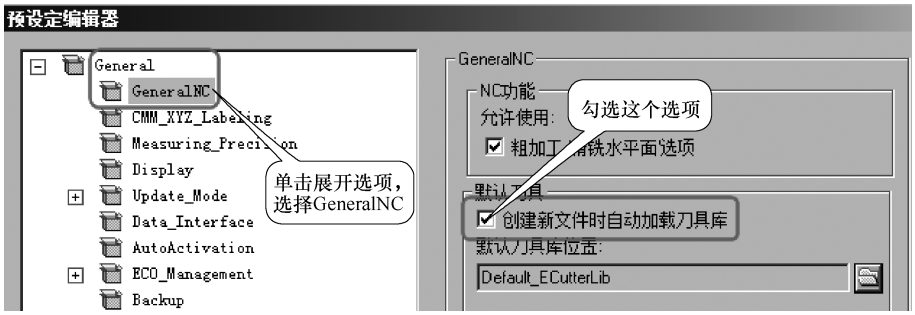


图 1-58 自动加载刀具库的设定

【提示】：从管理器菜单选择图标则可以把 CSV 和 XML 文件里的所有刀具输入到当

前 NC 文件的刀具库里。

5）输出刀具到刀具库：可以把选中的刀具输出为 CHL 格式的文件，其操作步骤是：

① 选择要输出的刀具。

② 选择管理器菜单输出刀具图标，在弹出的对话框中给出刀具库的名字和路径。

③ 单击保存即可完成刀具库的创建。

也可以通过管理器菜单的命令图标把选中的刀具输出为 CSV 格式的文件。

【提示】：上面创建的刀具库文件是 CHL 格式，用户可以通过这个功能创建自己标准的刀具库，然后在预设值里选择创建的刀具库名字，这样在编程时可以自动加载这个刀具库，不需要再去创建刀具，使用非常方便。

6）对刀具进行编号：可以把管理器的刀具按照一定规则进行编号，以便和实际机床刀具库进行对应，其操作步骤是：

① 单击窗口刀具自动编号图标。

② 选择需要自动编号的刀具。

③ 输入刀具起始号和增量值。

④ 单击【确定】即可完成编号操作。

1.4 CimatronE 程序管理器

程序管理器是由可折叠的包含刀路轨迹以及刀路轨迹下的程序信息的树组成，程序管理器通过旗标和符号来显示刀具路径和程序的状态，如图 1-59 所示。在项目栏上单击右键可以定制管理器的列。

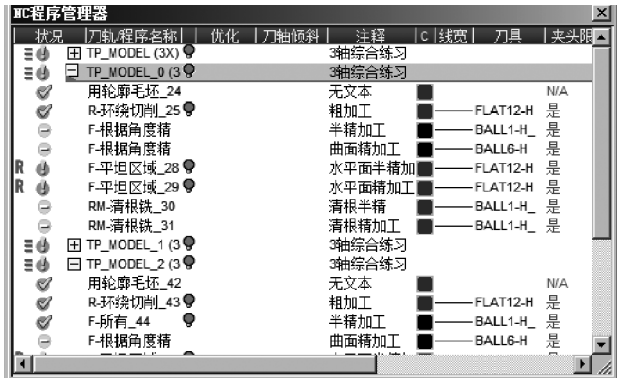


图 1-59　程序管理器

1.4.1 状态旗标

程序管理器第一栏就是状态旗标所在的位置，用来显示当前刀具路径或者程序的不同状态。常见的状态旗标见表 1-4。

表 1-4　程序管理器中的状态旗标

命令图标	说　明	备　注
	在刀具路径前显示，表示其下仅有计算过的程序，在程序前显示，表示程序已经被成功计算了	背景是绿色
	在刀具路径前显示，表示其下有未计算过的程序，在程序前显示，表示程序还没有被成功计算	背景是黄色
	表示刀具路径下有被中断的程序	背景是灰色

（续）

命令图标	说　明	备　注
	表示程序在计算过程中被人为或其他原因中断	背景是绿色
	表示程序有问题，在后处理之前应检查程序	背景是绿色
	表示计算程序还没有准备好，比如没选择加工对象	背景是红色
	表示刀具路径下没有任何程序	
	表示正在后台计算程序	
	表示程序的轨迹处于隐藏状态	背景是灰色

1.4.2　状态符号

除了上面的状态旗标，状态符号有时候也会在管理器里进一步显示程序的状态，状态符号根据情况可能出现在旗标的左侧，也可能出现右侧，也可能两边都有，出现在左侧符号的颜色是红色，右侧是绿色，状态符号的含义见表1-5。

表1-5　程序管理器中状态符号的含义

命令图标	说　明	备　注
R	表示由于某种原因程序参考的毛坯被改变	在旗标左侧显示，可以手动去掉这个符号
G	表示加工对象已经改变，或者加载的模型已经被更新，程序的加工对象需要重新定义	在旗标左侧显示
S	表示加工对象已经改变，或者加载的模型已经被更新，但这个改变对程序的加工对象没有影响，加工对象不需要重新定义	在旗标左侧显示
≡	它和旗标一起显示在刀具路径的前面，表示刀具路径还不具备不执行的条件，其下程序还存在不同状态	在旗标左侧显示
M	表示程序手动编辑过	出现在旗标右侧
C	表示程序的加工对象选取时使用了“规则”	出现在旗标右侧
O	表示程序经过了优化	出现在管理器优化一列
T	表示程序应用了刀轴自动倾斜机制	出现在管理器刀轴倾斜一列

1.4.3 常见旗标和符号共存状态举例

表 1-6 列举了在程序管理器上常见的旗标和符号共同存在的情形。

表 1-6 程序管理器中的状态符号

命令图标	说　明
R	表示程序在模型改变时已经计算过了，已经影响到了程序的毛坯，如果确信改变的毛坯对程序没有影响，则可以手动清除掉这个符号而不需要重新计算
G	程序已经计算，但由于某种原因程序的加工对象做了改变，此时需要重新定义程序的加工对象
S	程序已经计算，但由于某种原因程序的加工对象被改变了，但此时不需要重新定义程序的加工对象，因为加工对象的改变没有影响到程序的计算结果
M	程序被手工编辑过了
C	程序已经计算完毕，程序的加工对象采用了“规则”选取

1.4.4 程序管理器的应用

在程序管理器里编程者可以完成以下操作：

1）识别程序状态：通过旗标或者符号查看程序的状态，把光标移动到旗标上则可以显示旗标的含义，如图 1-60 所示显示“毛坯被修改”。

图 1-60 显示旗标含义

2）查看刀路轨迹或者程序的名称：在刀轨/程序一列显示了刀路轨迹和程序的名称，双击刀路轨迹或者程序名称即可进入编辑界面。

3）更改程序注释：单击程序注释一列则可以对注释进行编辑，可以为多个程序同时编辑注释，复杂的编程编辑注释必不可少。

4）隐藏和显示程序轨迹：单击程序名右侧的灯泡，则可以对程序轨迹显示和隐藏进行切换。

5）改变刀路轨迹的颜色：在“C”列单击代表程序颜色的方框，选择合适的颜色以区别别的程序。

6）改变刀具轨迹的粗细：单击颜色右侧的线宽，则可以为程序轨迹选择合适的线宽。

7）改变火花间隙：程序如果输入了火花间隙，则可以在火花间隙一列双击进行修改。

8）修改程序使用的刀具：在管理器刀具一列双击可以改变程序的刀具。

9）对程序进行复制和粘贴：选择程序，单击右键选择复制，在合适位置单击右键选择粘贴，再双击粘贴的程序可以进行进一步修改。

10）删除程序或者刀具路径：选择刀具路径或者程序，单击右键选择删除即可。

管理器中快捷菜单的使用，请参见 1.1 节。

第2章 CimatronE 2.5轴加工策略介绍和实践

【本章主要内容】

- 2.5 轴加工特点和应用
- 2.5 轴加工策略
- 2.5 轴加工对象
- 2.5 轴粗加工参数介绍
- 2.5 轴精加工参数介绍
- 钻孔加工
- 程序的复制
- 2.5 轴综合练习

2.1 2.5 轴加工概述

2.5 轴加工是指刀具在垂直于刀轴方向的平面内作切削运动，最多是 X 轴和 Y 轴的联动加工。在加工过程中，刀具在刀轴方向上没有运动，当完成一定深度的材料切削之后，刀具沿刀轴方向按照进给速度进入下一个深度，然后继续在二维平面内进行加工运动，直至加工完成，2.5 轴编程在加工车间用得相当普遍。

CimatronE 数控编程加工模块支持从 2.5 轴到 5 轴的完整铣削和钻孔，2.5 轴编程是最基本的编程模式，是其他编程模式的基础。

CimatronE 2.5 轴分粗加工和精加工，粗加工一般用来做挖槽加工或者是口袋加工，它可以去掉封闭轮廓内的毛坯，也可以通过多轮廓嵌套关系去掉要加工的部分。精加工也称为精铣侧壁或者轮廓铣削，主要用于对余量不大的零件进行精加工。

2.5 轴一般用来加工简单的不带曲面的零件，比如塑料模具的型板、冲压模具的凸、凹模、落料板，也用来加工夹具体或者辅具等零件，它不但可以对三维模型进行编程，也可以对二维线框直接编程。

2.2 CimatronE 2.5 轴加工工艺汇总

当在 2.5 轴的刀路路径下编制加工程序时，则会显示出 2.5 轴的加工策略和工艺选项，如图 2-1 所示。2.5 轴包括了粗加工和精加工，另外“主选择”下有【转换】选项，用来进行程序的复制或者移动，会在后面的章节进行介绍。

图 2-1 2.5 轴加工策略和工艺选项

CimatronE 2.5 轴加工策略和工艺选项见表 2-1。

表 2-1 CimatronE 2.5 轴加工策略和工艺选项

加工策略	工艺选项	实际应用	加工特点	备注
2.5 轴粗加工	型腔-毛坯环切	用来对零件的粗加工，去除由轮廓和岛屿组成封闭区域里的材料	毛坯环切刀路轨迹是从选择的零件轮廓等距离向外偏移，直至达到中心或边界，加工时刀具载荷均匀，各个部分留量一致，刀路轨迹图例如图 2-2 所示	不能指定下刀点，但可以指定下刀螺旋角度
	型腔-环切		刀具以环绕轮廓的方式加工，并逐渐加大轮廓，直至不能放大为止，可以指定从里向外加工也可以指定从外向里加工，抬刀相对较少，如图 2-2 所示	1. 可以指定下刀点，也可以指定下刀的螺旋角度 2. 只有定义了毛坯轮廓和零件轮廓才能明显看出毛坯环切和环切的不同，如图 2-2 和图 2-3 所示
	型腔-平行切削		也称为行切法加工，刀路轨迹是相互平行的，可以灵活地设定加工角度，相对来讲，加工效率高	为了在零件侧壁留出均匀余量，一般地要把【精铣侧向间距】参数打开
2.5 轴精加工	型腔-精修侧壁	用来对封闭区域进行精加工	刀路轨迹是平行于选择的封闭轮廓，可以选择多个轮廓，轮廓之间不存在嵌套关系，不需要指定毛坯轮廓，可以采用半径补偿编程	常用在对凹腔粗加工后的精加工
	开放轮廓	沿着开放的轮廓对零件进行精加工	刀路轨迹平行于选定的开放轮廓，可以采用半径补偿编程	通过设定【毛坯宽度】参数，也可以对零件进行粗加工，粗加工和精加工可以在一个程序中实现

（续）

加工策略	工艺选项	实际应用	加工特点	备　注
2.5 轴精加工	封闭轮廓	沿着封闭轮廓对零件进行精加工	对封闭轮廓确定的面加工，轨迹在刀轴方向平行于选定的轮廓。可以采用半径补偿编程	通过设定【毛坯宽度】参数，也可以对零件进行粗加工，粗加工和精加工可以在一个程序中实现
钻孔	自动钻孔3轴①	应用于对零件上的孔加工	通过对不同特征的孔进行自动分组，然后在库里自动寻找加工工艺，工艺可以手动编辑并可以存成加工模板，编程效率非常高	适用于对具有复杂孔系的零件编程
	钻孔3轴	应用于对零件上的孔加工	加工的孔点手动进行选择，加工工艺能够满足一般零件的加工，和自动钻孔相比，工艺少，编程效率慢	适用于简单孔系的编程
转换	复制	复制程序	通过点或者坐标系复制程序	不能径向复制程序
	复制阵列	复制多个程序	可以沿X、Y方向或者绕着每一个点进行阵列复制程序	可以径向复制程序
	移动	移动程序	通过点或者坐标系移动程序	原来程序不存在
	镜像移动	镜像方式移动程序	可以选择面、线和坐标系镜像移动程序	原来程序不存在
	镜像复制	镜像方式复制程序	可以选择面、线和坐标系镜像复制程序	以上都可以选择多个程序进行操作

① 本书中，除软件界面中出现的三轴、四轴、五轴，其他均用3轴、4轴、5轴表示。

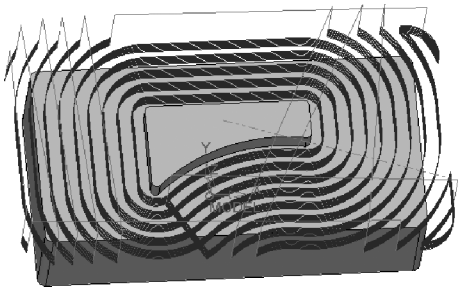


图2-2　型腔-毛坯环切轨迹

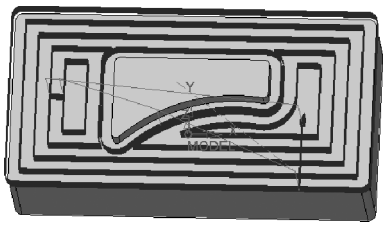


图2-3　型腔-环切轨迹

2.3　2.5轴加工的对象选择和轮廓管理器

1.2节介绍了编制程序的流程，其中加工对象的选择是程序创建不可缺少的内容。2.5轴铣削加工选择的加工对象只有轮廓，钻孔加工的对象是孔的中心点，图2-4是2.5轴粗加工选择加工对象的对话框，零件轮廓代表加工部位的轮廓外形，它决定最终加工的极限位置，毛坯轮廓是初始毛坯的外形，它能对轨迹进行优化，单击箭头所示的按钮，即可进入轮

廓选择管理器对话框，如图 2-5 所示，最上面蓝色字体（电脑界面中）显示当前选择轮廓的类型，比如是“零件轮廓”，还是“毛坯轮廓”。

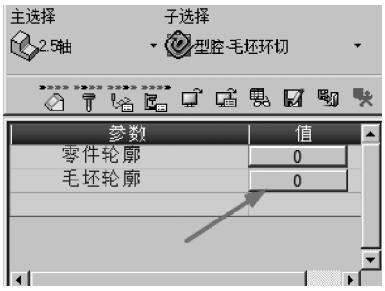


图 2-4　2.5 轴粗加工选择加工对象对话框

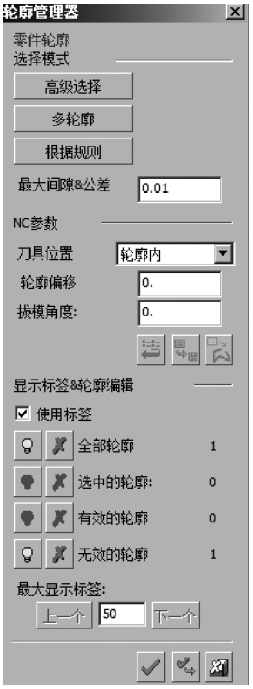


图 2-5　“轮廓管理器”对话框

轮廓管理器由以下四部分组成：零件轮廓选择模式、NC 参数、显示标签 & 轮廓编辑和底部的退出选项，下面分别进行介绍。

2.3.1　零件轮廓选择模式

轮廓选择模式定义选择轮廓的方法，包括高级选择、多轮廓和根据规则三种模式。

1. 高级选择

单击【高级选择】按钮，则会弹出“高级选择轮廓”对话框，如图 2-6 所示，单击其中的下拉按钮可以弹出选择的几种方法，如图 2-7 所示。

图 2-6　高级选择轮廓

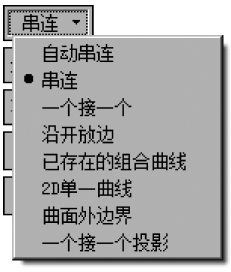


图2-7　高级选择方法

1）自动串连：按照开始选择的线自动串连成封闭的轮廓，如果串连过程中遇到某一个

点上有不同方向的线，则串连会停止，如图2-8所示。

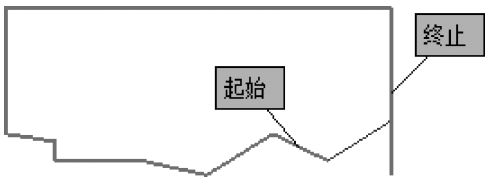


图2-8　自动串连选择轮廓

2）串连：需要选择开始线和终止线来生成加工轮廓，如果串连有多条路线，系统会选择最近路线进行串连。

3）一个接一个：选择单个线条生成轮廓。

4）沿开放边：首先选择一条边再选择另一条边，系统会按照零件开放边生成轮廓（开放边是开放面上的边，把封闭实体的一个面隐藏后，和隐藏面相邻的面上就会有开放边的存在）。

5）已存在的组合曲线：选择已经存在的组合曲线作为加工轮廓。

6）2D单一曲线：通过在曲线内部单击点来创建封闭轮廓，常用于对复杂线框的编程。

7）曲面外边界：通过选择曲面，系统把曲面的外边界作为加工轮廓，如果选择多个曲面，则多个曲面的外边界成为加工轮廓。

8）一个接一个投影：通过拾取在不同平面上的线条创建轮廓，各个线条可以自动延伸或者裁减最后成封闭轮廓，如图2-9所示，选择不在同一个平面而且互相不连接的4条线生成的加工轮廓。

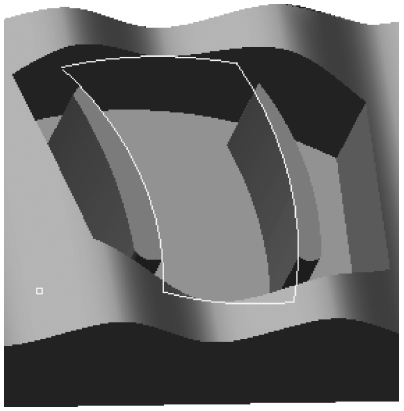


图2-9　一个接一个投影选择轮廓

2. 多轮廓

多轮廓选择方式可以一次选择更多的轮廓，可以框选。

3. 根据规则

这个是更高级的选择方法，可以通过颜色和集合选取，在制作加工模板时会经常使用这种选择方法。

2.3.2　NC参数

NC参数由于选择的工艺不同而有所不同，如图2-10所示的是2.5轴粗加工轮廓管理器上的NC参数，包括刀具位置，轮廓偏移和拔模角度等，各个参数的含义介绍如下：

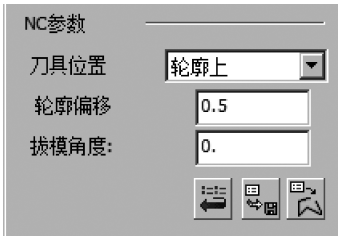


图2-10　2.5轴粗加工轮廓管理器上的NC参数

1. 刀具位置

表示刀具和选择轮廓的位置关系，有轮廓上、轮廓内和轮廓外三种，轮廓限制了刀具的加工范围。

（1）轮廓上　表示刀尖在轮廓上。

（2）轮廓内　表示刀具在轮廓里面和轮廓相切。

（3）在轮廓外　表示刀具在轮廓外面和轮廓相切。

在2.5轴轮廓铣策略里，刀具位置只有【相切】和【轮廓上】两个选项，相切时刀具是在轮廓外还是内相切由【切削侧】参数控制。

2. 轮廓偏移

也称为补正，把刀尖沿着轮廓偏移一个距离，输入的距离值可以是正的也可以是负的，可以向外也可以向内偏移，通过它可以给后续程序留出加工余量。

3. 拔模角

是零件侧壁和 Z 轴方向的夹角。

NC 参数下有三个按钮，单击按钮可以重置 NC 参数，单击按钮可以把当前 NC 值保存起来，单击按钮可以把当前的参数应用到选择的轮廓上。

管理器最底部有三个选项，一个是“确定并退出”选项，一个是“应用不退出”选项，还有一个是“取消选择并退出”选项，编程者可根据情况进行选择。

2.3.3 显示标签 & 轮廓编辑

显示标签 & 轮廓编辑处于轮廓管理器的下方，它用来显示和编辑轮廓，可以显示以下轮廓信息：

1）创建的 NC 轮廓数量。

2）选中的轮廓数量。

3）有效的轮廓数量。

4）无效的轮廓数量。

单击标签上的红色叉号按钮，则可以删除该项目栏上的轮廓。勾选“使用标签”选项，如图 2-11 所示，则可以为每个轮廓加上标签，通过这个标签可以对轮廓更直观地进行编辑或者删除，每个轮廓的标签可以通过管理器上的“灯泡”图标按钮操作进行显示和隐藏。

在使用轮廓管理器选择或者编辑加工轮廓时，经常会用到快捷子菜单，快捷子菜单的介绍见 1.1.5 节。

图 2-11 勾选“使用标签”选项

2.4 粗加工参数

输入加工参数是数控编程的一项重要内容，理解加工参数的含义是编程者必须要掌握的，2.5 轴粗加工包括：型腔-毛坯环切、型腔-环切和型腔-平行铣削三个工艺选项。三个工艺选项的加工参数基本相同，下面以型腔-毛坯环切为例介绍加工参数的含义。

2.4.1 型腔-毛坯环切加工参数表

程序的加工参数包括刀路参数和机床参数，图 2-12 所示的是刀路参数，图 2-13 所示的是机床参数，参数表以表格形式列出程序的各项参数，表中各项参数可以折叠或展开，表格的参数值可以进行复制、剪切和粘贴操作。

有关参数表的操作如下：

1. 展开参数

通常参数表由几个项目构成，每个项目下面有很多参数，如图 2-12 所示，单击“+”号可以展开各个项目下的参数，参数在展开状态下才可以编辑。

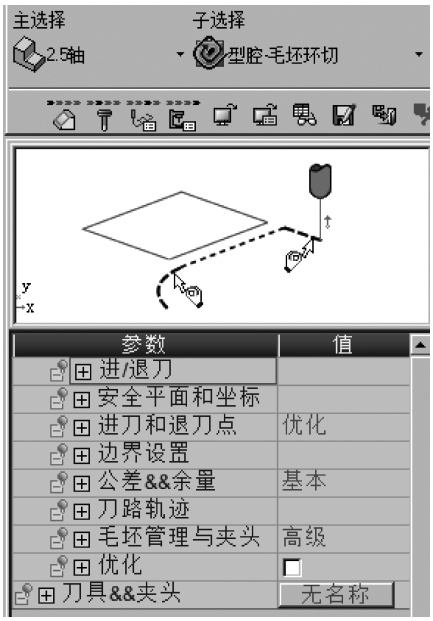


图 2-12　刀路参数

图 2-13　机床参数

2. 显示和隐藏参数

如图 2-14 所示的灯泡，单击参数前面的灯泡图标，可以隐藏和显示参数，单击项目前面的灯泡，可以对其下面已经设定隐藏的参数进行隐藏或者显示，通过这个编程者可以对参数表的显示内容进行定制。

3. 显示参数表里的级别

图 2-15 所示是 3 轴粗加工参数级别显示，单击参数项后面的三角号，则可以选择参数的显示级别，级别不同，下面的参数也不同。

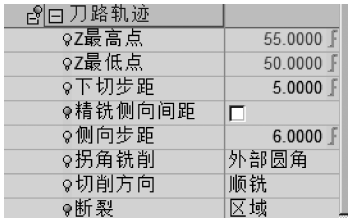


图 2-14　刀路参数中的“隐藏和显示”灯泡图标

图 2-15　3 轴粗加工参数表级别显示

4. 拾取坐标点

参数表里的 Z 最高点和 Z 最低点参数右侧的数值可以通过键盘输入，也可以通过拾取面上的点进行输入，还可以通过输入变量 MAXPZ 和 MINPZ 得到零件的最高点和最低点坐标。

5. 参数关系的改变

参数表中有很多参数是系统默认的，有的参数具有固定的值，例如曲面精度，有的参数之间具有参数化关系，例如垂直步距是和刀具直径相关的，如果不改变系统的默认设置，参数后面显示的符号是蓝色，如果改变系统设置，颜色会变成绿色。

2.4.2 型腔-毛坯环切刀路参数

1. 刀路参数-进/退刀

（1）轮廓进/退刀　用来定义刀具在开始切削时是如何进入工件的和最终切削时是如何离开工件的。后面有两个选项，一个是【法向】，另一个是【切向】。【法向】是允许刀具以垂直轮廓方向接近或者退出工件，如图 2-16a 所示，【切向】是允许刀具和加工轮廓相切进入或者退出，如图 2-17a 所示。

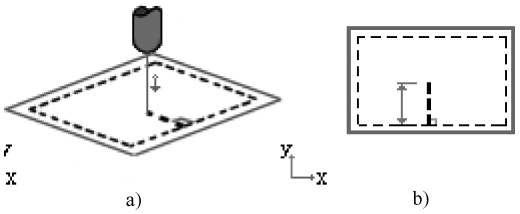


图 2-16　刀具法向进刀

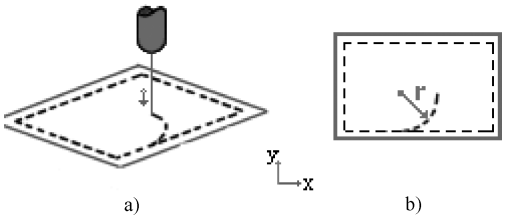


图 2-17　刀具切向进刀

（2）进刀　此参数在选择上面的【法向】选项时才会出现，定义刀具接近或退出加工轮廓时的法向距离，如图 2-16b 所示。

（3）退刀　当【进刀 = 退刀】选项不勾选时，此参数才会出现，定义刀具离开加工轮廓的法向距离。

（4）进刀 = 退刀　是指进刀距离等于退刀距离，只有选择【法向】进/退刀方式时此参数才会出现。

（5）圆弧半径　此参数在选择【切向】进/退刀选项时才会出现，是指刀具进入和退出加工轮廓时所走的圆弧半径，如图 2-17b 所示。

（6）补偿延伸线　此参数在选择【切向】进/退刀选项时才会出现，若选中此选项，则有一小段直线加到圆弧上，若开启半径补偿，则在此直线段开始生效。

2. 刀路参数-安全平面和坐标系

为了避免刀具在快速移动时与工件或夹具发生撞刀现象，需要在工件上方设定一定高度的安全平面。

（1）使用安全高度　选中该复选框，系统将在加工过程中使用安全平面高度，也就是说刀具开始加工时将快速定位在该面，结束时刀具也将停留在此面，如图 2-18 所示；如果不勾选，刀具加工完毕将停留在增量高度位置，如图 2-19 所示。

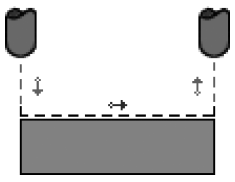


图 2-18　使用安全高度

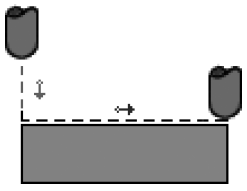


图 2-19　不使用安全高度

（2）安全平面　当选择【使用安全高度】参数时才会出现这个参数，用来设定安全平

面和工件最高点的距离。

（3）内部安全高度　设定在加工过程中刀具的提起高度，有两个选项，一个是【绝对 Z】，另一个是【增量】。【绝对 Z】指的是刀具抬到的高度以绝对坐标设定，所有的内部抬刀都有一个高度，【增量】指的是刀具抬起的高度，是相对于当前加工层的高度，加工不同层时抬起的高度是不同的，如图 2-20 所示。

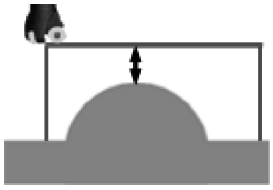


图 2-20　增量抬刀

（4）绝对 Z　内部安全高度选择【绝对 Z】时才会出现，一般和创建 TP 时设定的安全高度一样。

（5）增量　内部安全高度选择【增量】时才会出现，设定的是增量高度值。

（6）坐标系名称　定义程序的参考坐标系，默认和 TP 创建时选择的坐标系一致，当模型有多个坐标系时，可以单击后面的按钮进行选择。

3. **刀路参数-进刀和退刀点**

（1）切槽顺序　当选择了多个轮廓加工时此参数才会出现，它用来定义区域的加工顺序，包含 4 个选项：【根据 X】【根据 Y】【最近的】【不排序】。【根据 X】表示刀具按照 X＋方向开始加工，【根据 Y】表示刀具按照 Y＋方向开始加工，【最近的】表示首先加工距离刀具起始位置最近的轮廓，【不排序】表示刀具按照选择的轮廓顺序加工。

（2）进刀角度　设置刀具加工封闭区域的螺旋下刀角度，如图 2-21 所示。使用螺旋进刀可以保护底部带有盲区的刀具，螺旋下刀角度和刀具具体参数相关。

（3）最大螺旋半径　只有当【进刀角度】设定不是 90°时才会出现，指的是螺旋进刀半径值，如图 2-22 所示，默认值是刀具直径的 0.48 倍，一般不需要修改。

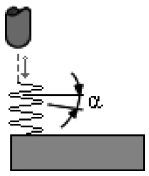


图 2-21　进刀角度

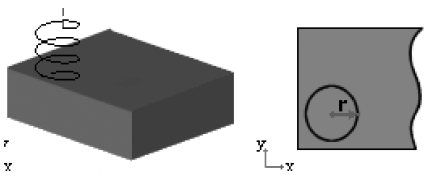


图 2-22　最大螺旋半径

（4）最小切削宽度　设置一个宽度值，使得刀具不会加工小的区域，这样可以避免刀具的损坏，这个数值要考虑刀具直径和槽的尺寸，假设刀具直径是 10 的平刀，加工部位是一个锥形槽，上端直径是 30，下端直径是 20，如图 2-23 所示。如果最小切削宽度给定 0，则会在整个槽生成刀路轨迹，是图 2-23 左侧的情形，如果设定最小切削宽度为 20（也就是 30－10），则刀具不会加工这个槽，是图 2-23 中间显示的情形，如果设定最小切削宽度为 15，则刀具会加工到直径为 25（也就是 15＋10）的这一层时就会停止，是图 2-23 右侧显示的情形，从这个例子看，切削宽度是加工到的那层直径减去刀具的直径差。

（5）缓刀距离　在刀具切削到工件前设定一段距离，使刀具从此距离开始以进给速度切入工件，如图 2-24 所示。

4. **刀路参数-边界设置**

（1）刀具位置　用来设定刀具和所有轮廓的位置关系。单击窗口右边的下拉按钮，弹出的下拉列表框中包含三个选项“轮廓上”、“轮廓内”和“轮廓外”，这三个参数的含义在轮

廓管理器一节进行了介绍，图 2-25a～图 2-25c 是三个参数含义的示意图。

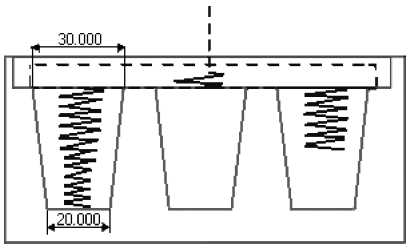


图 2-23　最小切削宽度对刀路轨迹的影响

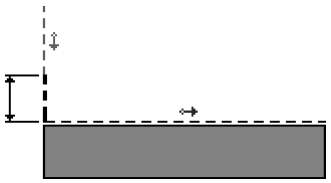


图 2-24　缓刀距离

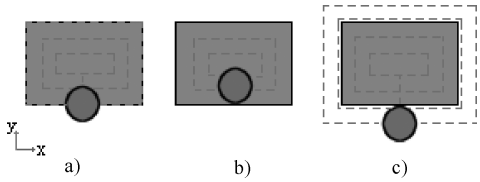


图 2-25　刀具位置含义示意图

如果在【轮廓管理器】中设置有误，则可以在此处进行修改，但如果选择多个轮廓而且在加工不同的轮廓区域刀具位置不一样时，该参数在此不能被使用，更改刀具位置要在【轮廓管理器】上修改。

（2）轮廓偏移　针对全部轮廓设定一致的偏移量，数值可正可负，当在【轮廓管理器】选择的各轮廓偏移值不一致时，该参数在此不能被使用，更改某一个轮廓的偏移值要在【轮廓管理器】上修改。

（3）拔模角　当加工带有斜面的零件时，在此要设定拔模角，设定的角度和加工斜面的拔模角要一致。

5. **刀路参数-公差 && 余量**

（1）轮廓偏移（粗加工）　设置轮廓偏移的目的是给后面的精加工预留一定的加工余量，如图 2-26 所示，此参数不允许输入负值。

（2）轮廓精度　指定加工时允许偏离轮廓的最大值，如图 2-27 所示，默认设置为 0.01，如果想要获得更高的加工精度，则该参数可以设置得更小。

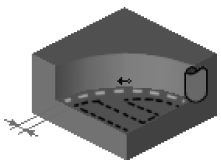


图 2-26　轮廓偏移

图 2-27　轮廓精度

（3）进刀点偏移　指定外轮廓偏移的距离，刀具的进入点在此偏离的外轮廓上。

（4）最大轮廓间隙　如果两个相邻轮廓的间隙小于此数值，则这两条轮廓将被连接起来，大于此值将不会被连接。

6. **刀路参数-刀路轨迹**

（1）Z最高点　指定加工部位最高点的Z坐标值，在窗口右侧输入数值，如果零件是三维模型，则用鼠标左键在模型最高部位上拾取点，系统根据拾取点自动计算并设置该参数值，还可以通过输入MAXPZ得到最高点坐标值。

（2）Z最低点　指定加工部位最低点的Z坐标值，在右侧输入数值，如果零件是三维模型，则用鼠标左键在模型最低部位上拾取点，系统根据拾取点自动计算并设置该参数值，还可以通过输入MINPZ得到最低点坐标值。

【提示】：拾取点时可以使用点的过滤器进行快速选择。

（3）下切步距　分层加工时，每层铣削的深度如图2-28所示。

图2-28　下切步距

（4）精铣侧向间距　如果选中该复选框，则加工到最后会对侧壁再精修一刀，如图2-29所示；如果不选中该复选框，则不精修侧壁，如图2-30所示，该复选框一般与平行切削配合使用。

（5）侧向步距　沿侧向进给时，相邻两刀具中心间的距离，如图2-31所示。

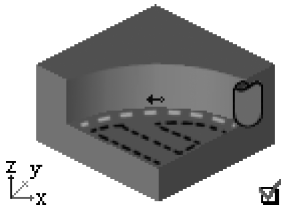


图2-29　精铣侧壁

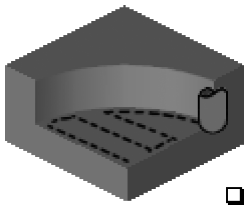


图2-30　不精铣侧壁

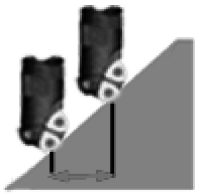


图2-31　2D侧向步距参数

（6）拐角铣削　该参数有三种可供选择的刀路轨迹，分别为【全部尖角】、【外部圆角】、【全部圆角】。如果设置为【全部尖角】，则铣削带有尖角的角落时，刀路轨迹为尖角轨迹，如图2-32箭头所示；如果设置为【外部圆角】，则铣削外部带有尖角的角落时，刀路轨迹为圆角轨迹，如图2-33箭头所示；如果设置为【全部圆角】，则铣削所有角落时，不管是尖角还是圆角角落，刀路轨迹都是圆角轨迹，如图2-34箭头所示。此时参数表里显示一个【最小半径】参数，用于设置刀具所经过圆角的半径。

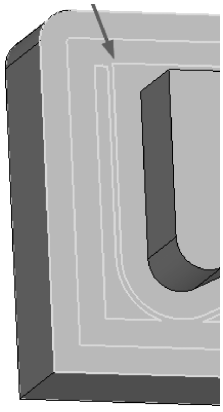


图2-32　全部尖角轨迹

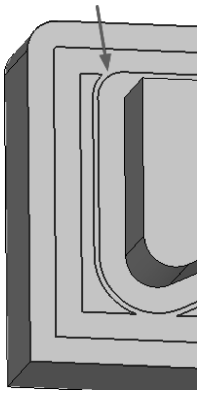


图2-33　外部圆角轨迹

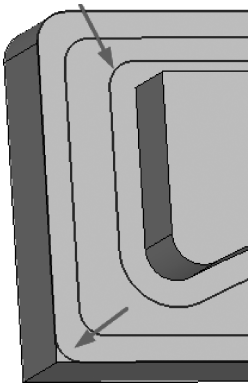


图2-34　全部圆角轨迹

（7）切削方向　设置切削加工的方向，有三种切削方向可供用户选择，分别为【顺铣】、【逆铣】、【混合铣】。如果设置为【顺铣】，则工件进给方向与刀具切削方向一致，如图 2-35 所示；如果设置为【逆铣】，则工件与刀具切削方向相反，如图 2-36 所示；如果设置为【混合铣】，则加工过程中会存在顺铣和逆铣两种方式。

（8）断裂　该参数有两种参数可供选择："环切"和"区域"。如果设置为【环切】，则加工各个区域时会连接在一起加工，刀具不必抬到安全区域，如图 2-37 所示；如果设置为【区域】，则单独加工各个区域，区域之间的连接需要抬到安全区域，如图 2-38 所示。

图 2-35　顺铣方式

图 2-36　逆铣方式

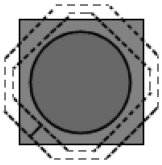


图 2-37　环切加工

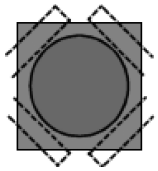


图 2-38　区域加工

7. 刀路参数-毛坯管理和夹头干涉

更新剩余毛坯：此选项默认是勾选的，也就是说程序计算完后会更新毛坯的状态。

8. 刀路参数-优化

优化可以把某些条件和参数应用到程序里，目的是减少加工时间、提高刀具寿命、减少碰撞危险等，默认不勾选"优化"选项，如果勾选"优化"，则可显示出供优化设置的各项参数，如图 2-39 所示。

（1）安全距离　用于设置刀具沿 Z 轴方向的安全增量值，如图 2-40 所示。

图 2-39　优化设置参数

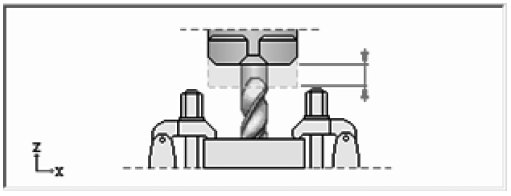


图 2-40　安全距离

（2）直径安全系数（%）　用于设置刀具径向的安全系数（百分比），如图 2-41 所示。

（3）快速走刀干涉检查　若选中该复选框，则系统自动增加一个参数【快速走刀选项】。单击窗口右边的下拉按钮，弹出的下拉列表框如图 2-42 所示。有三种走刀方式，即【仅向上】【上 & 下】【全部通过安全平面】。【仅向上】表示在安全距离之下的快速运动会上移到安全距离；【上 & 下】表示所有的快速运动都会移到安全距离位置；【全部通过安全平面】表示快速运动都要通过安全平面。

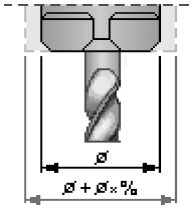


图 2-41　直径安全系数

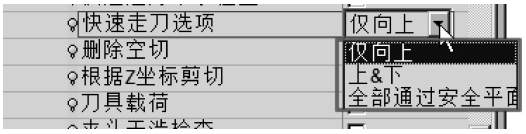


图 2-42　快速走刀选项

（4）删除空切　若选中该复选框，则系统将删除空切刀路轨迹。

（5）根据 Z 坐标剪切　限制 Z 方向加工的范围，单击参数【根据 Z 选项剪切】右边的下拉按钮，在下拉列表框中有【以 Z 最高点为界限】、【以 Z 最低点为界限】和【在两个 Z 值之间】三个选项用户选择，如图 2-43 所示，【以 Z 最高点为界限】参数可以把输入的坐标以上的刀路删除掉；【以 Z 最低点为界限】参数可以把输入的坐标以下的刀路删除掉，【在两个 Z 值之间】参数可以把输入的两个坐标之外的刀路删除掉。

图 2-43　限制 Z 方向加工范围

（6）刀具载荷　若选中该复选框，则系统会增加【刀具载荷】参数选项，单击参数【刀具载荷选项】右边的下拉按钮，在下拉列表框中有【降低进给速率】、【生成切削深度】两个选项，【降低进给速率】是根据刀具遇到的载荷大小调整进给速率，载荷大时进给速度会减低，如图 2-44 所示，此时会出现一个【进给表】参数供使用；【生成切削深度】是遇到毛坯大的区域系统按照给定的最大下切步距自动分层加工，如图 2-45 所示。

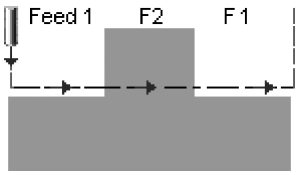


图 2-44　降低进给速率

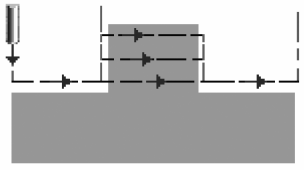


图 2-45　自动分层加工

（7）夹头干涉检查　用来检测刀具夹头和当前毛坯的干涉情况，只有当刀具定义了夹头时才会有意义。若选中该复选框，则系统增加【夹头选项】参数，单击参数【夹头选项】右边的下拉按钮，在弹出的下拉列表框中有【铣削并警告】、【使用当前刀具】、【自动搜索】、【刀具序列】4 个选项。【铣削并警告】指的是在发生干涉时会报警；【使用当前刀具】指的是使用该刀具进行加工，遇到干涉时将跳过加工；【自动搜索】指的是遇到干涉时系统会在刀库里自动搜索合适的刀具继续加工；【刀具序列】指的是遇到干涉时系统会在定义的刀具系列中选择合适的刀具进行加工。

2.4.3　型腔-毛坯环切机床参数

机床参数中的内容如图 2-46 所示，其中包括转速、进给、冷却等参数，各个参数的含义如下。

（1）进给及转速计算　单击图 2-46 右边的按钮，系统弹出【进给及转速计算】对话框，如图 2-47 所示，在这里可以设定转速和进给，它们之间的关系式是：Fz＝F/（SN）和 Vc＝πD×N/1000，其中 Fz 是每齿进给，F 是进给值，S 是转速，N 是刃数，Vc 是线速度，D 是刀具直径。

图 2-46　机床参数内容

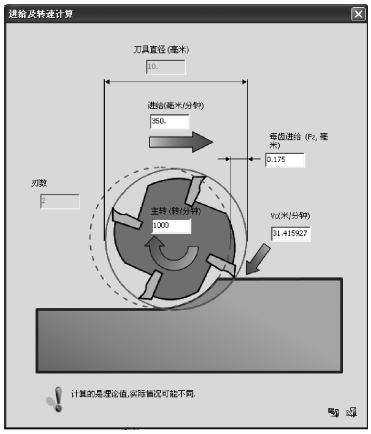


图 2-47　“进给及转速计算”对话框

（2）Vc（米/分钟）　设定切削速度，指的是刀具外圆切削刃的线速度，和图 2-47 中的 Vc 是一样的。

（3）主轴转速　设定主轴的速度，单位为“转/分钟”，因为切削速度和主轴转速是相关的，二者只需设置其中一个，系统会根据公式自动计算出另一个参数值。

（4）进给（毫米/分钟）　指刀具在加工过程中移动的速度，单位是毫米/分钟。

（5）空走刀连接　有两个选项，其中【快速移动】指定的是空走刀的移动代码用的是 G00；【最大进给速度】指定空走刀的移动代码用的是 G01，同时系统增加一个“空切进给（毫米/分钟）”参数，可设置空走刀时以多大的进给值移动。

（6）切入进给速率（%）　该参数用于控制向下切入的进给速率，用进给值的百分比表示，如图 2-48 所示。

（7）侧向进给速率（%）　该参数用于控制侧向切入的进给速率，用进给值的百分比表示，如图 2-49 所示。

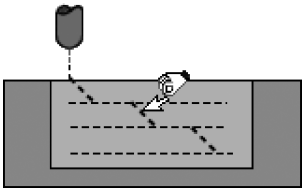


图 2-48　切入进给速率

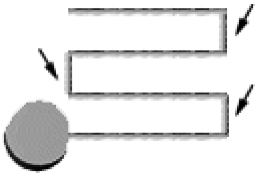


图 2-49　侧向进给速率

（8）允许刀具补偿　单击参数【刀具半径补偿】右边的下拉按钮，下拉列表中有【否】和【是-刀尖定位】两个参数选项供用户选择。【否】选项指定不使用刀具半径补偿，【是-刀尖定位】选项指定程序将使用刀具半径补偿，补偿时操作者可以在车间把当前刀具和先前刀

具的直径差输入到机床。刀具半径补偿分为左偏刀具半径补偿（编程代码用 G41）和右偏刀具半径补偿（编程代码用 G42），判断准则是沿着刀具前进方向看，如果刀具在被加工工件的左边，则是左偏刀具半径补偿；如果刀具在被加工工件的右边，则是右偏刀具半径补偿。

（9）冷却　用于设置冷却液开关以及冷却方式，单击窗口右边的下拉按钮，在弹出的下拉列表框中可以选择所需的冷却方式，如图 2-50 所示。

（10）主轴旋转方向　用于设置主轴的放置方向。单击窗口右边的下拉按钮，在弹出的下拉列表框中可以选择“顺时针”“逆时针”或者“关闭”，如图 2-51 所示。一般来说，主轴顺时针的辅助代码是 M03，主轴逆时针的辅助代码是 M04，主轴关闭的辅助代码是 M05。

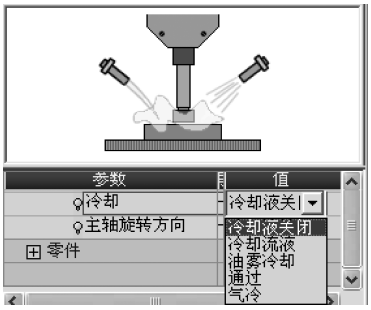


图 2-50　冷却的几种方式

图 2-51　主轴旋转方向

2.5　其他粗加工工艺选项的参数介绍

下面介绍 2.5 轴策略中其他粗加工工艺选项和型腔-毛坯环切参数不同的一些参数的含义。

2.5.1　型腔-平行切削加工参数

1. 进刀和退刀点

其参数如图 2-52 所示，图中多了一个【用户定义】参数，它允许用户定义合适的下刀点。当进刀点选择【用户定义】选项后，参数表里会出现一个【进刀点数】参数，单击其右侧的按钮可以在窗口选择进刀点。进刀点可以选择事先通过草图设计好的点，也可以通过过滤选择已经在零件上存在的点，如图 2-53 所示选择在零件外边的一个由草图生产的点作为进刀点，选择完后会在【进刀点数】右侧的按钮显示进刀点数，用户定义进刀点在后面的三轴曲面铣中也有应用。

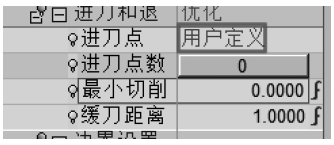


图 2-52　进刀和退刀点参数

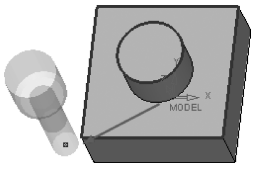


图 2-53　选择进刀点

2. 刀路轨迹

其参数如图 2-54 所示。

（1）铣削角度　定义平行铣削时刀具行走路线和 X 轴正向的夹角。

（2）切换起始边　改变刀具的加工起始边，如果刀具开始在左侧加工，切换后则从右侧开始加工。

2.5.2　型腔-环绕切削加工参数

1. 刀路轨迹

其刀路参数如图 2-55 所示。

图 2-54　型腔-平行铣削参数

图 2-55　型腔-环绕切削参数

（1）铣削方向　定义加工封闭区域时，刀具从里向外还是从外向里加工。

（2）行间铣削　当侧向步距设置较大时，此参数会出现，勾选它可以把轨迹间的残料去掉，常用于侧向步距比较大的场合。

（3）区域　不勾选【行间铣削】参数时才会出现【区域】选项，【区域】选项下面有两个参数：【连接】和【跳过】。【连接】是区域之间的连刀在当前加工层而不是在安全区域，如图 2-56 所示；【跳过】是区域之间的连刀在安全区域而不是在当前加工层，如图 2-57 所示。

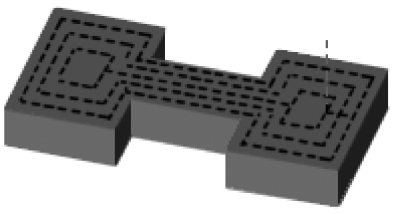


图 2-56　区域加工采用连接

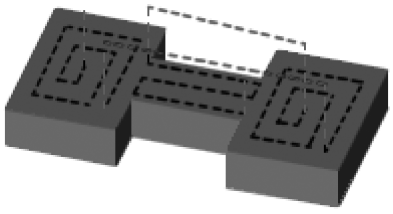


图 2-57　区域加工采用跳过

2.6　2.5 轴精加工参数

2.5 轴精加工包括：型腔-精修侧壁、开放轮廓和封闭轮廓三个工艺选项，其加工参数很多和粗加工中的一样，下面介绍不同参数的含义。

2.6.1　型腔-精修侧壁加工参数

在其刀路轨迹下面有一个【铣削外部轮廓】选项，勾选该选项则可以允许加工外部轮廓，如图 2-58 所示，其中虚线是加工轨迹；不勾选则不加工外部轮廓，如图 2-59 所示。

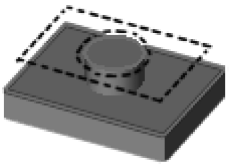


图 2-58　铣削外部轮廓

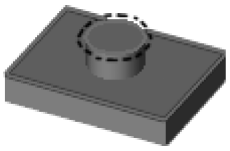


图 2-59　不铣削外部轮廓

2.6.2　轮廓加工参数

轮廓加工包括型腔-开放轮廓和型腔-封闭轮廓两种加工方式，它们的加工参数基本是一样的，只不过是在编程时选择的加工对象不同，轮廓加工的刀路参数有很多是粗加工里没有的，下面一一进行介绍。

1. 进刀/退刀

这个参数项里有一个【延伸】参数，如图 2-60 所示，它用来定义在进刀或者退刀方向的延伸距离，如图 2-61 所示。进刀采用延伸可以方便从外面进刀，退刀采用延伸可以使加工更彻底。

图 2-60　延伸参数

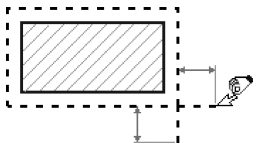


图 2-61　延伸距离

2. 进刀和退刀点

其刀路参数如图 2-62 所示，里面增加了一个【轮廓顺序】选项，当选择多个加工轮廓时此选项才会出现。其下有【根据 X】【根据 Y】【最近的】【不排序】。【根据 X】指定沿着 X 正向顺序加工，【根据 Y】指定沿着 Y 正向顺序加工，【最近的】指定从离刀具位置最近的地方开始加工，【不排序】指定加工是按照轮廓选择顺序进行加工。

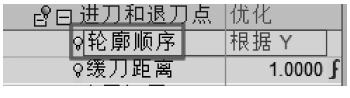


图 2-62　进刀和退刀点参数

3. **刀路轨迹**

轮廓加工刀路轨迹参数如图 2-63 所示，这里面的很多参数在粗加工中是没有的。

（1）毛坯宽度　定义要加工的毛坯大小，其输入的值是毛坯轮廓和加工轮廓差的绝对值，如图 2-64 所示。

刀路轨迹	
Z最高点	20.0000
Z最低点	0.0000
下切步距	20.0000
毛坯宽度:	0.0000
裁剪环	全局
样条逼近	圆弧
法向角度	1.0000
铣削模式	摆线
摆线步距	2.5000
摆线直径	30.0000
拐角铣削	圆角
切削方向	单向
切削方向	顺铣

图 2-63　轮廓加工刀路轨迹参数

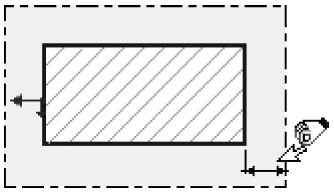


图 2-64　毛坯宽度

（2）侧向步距　当定义了毛坯宽度时才会出现这个参数项，侧向步距是相邻刀路轨迹间的距离。

【提示】：通过设定毛坯宽度，可以为精加工增加粗加工刀路轨迹。假设毛坯宽度为 0.5，侧向步距为 0.4，则在加工开放轮廓时会有两条刀路轨迹产生，一条为粗加工加工轨迹，另一条是精加工轨迹，粗加工给精加工留出的加工余量是 0.1，使用毛坯宽度是实际加工所需要的。

（3）裁剪环　它下面有三个参数：【全局】、【局部】和【关闭】，用来定义当刀路轨迹自交时系统是如何裁剪的。图 2-65a～图 2-65c 分别显示的是使用【全局】、【局部】和【关闭】的裁剪结果。

图 2-65　裁剪环的三种情况

（4）样条逼近　定义加工样条线时刀具走圆弧还是直线，其下有【线性】和【圆弧】两个参数，【线性】表示刀具使用直线插补 G01 来加工样条线，【圆弧】表示刀具使用圆弧插补 G02 或者 G03 来加工样条线，圆弧或直线的逼近程度由设定的轮廓精度决定。

（5）法向角度　当逼近样条采用【圆弧】选项时出现此参数，定义的是两个相邻轨迹点在垂直于样条线方向上的夹角。夹角越小，加工的误差就越小。

（6）铣削模式　有【标准】和【摆线】两个参数，【标准】是刀具按照正常的方式沿着轮廓进行加工；【摆线】则可以使刀具沿着轮廓以摆线加工方式进行铣削，此时系统会出现摆线步距和摆线直径参数。

（7）摆线步距　当铣削模式选择【摆线】时会出现这个参数，指定相邻两个摆线的中心距。

（8）摆线直径　当铣削模式选择【摆线】时会出现这个参数，指定摆线的直径。

2.7　钻孔加工

CimatronE钻孔策略用来编制各种零件上孔的加工程序，它工艺丰富，可以支持车间里全部的孔加工工艺，包括点钻、扩孔、高速钻孔、镗孔、攻丝[①]等。它使用的钻孔刀具有中心钻、钻头、丝锥和铰刀等。手工编制孔的程序麻烦而且容易出错，软件编程可以弥补这个缺陷。

孔加工有【钻孔三轴】和【自动钻孔三轴】两种编程工艺解决方案，如图2-66所示。【钻孔三轴】常用于一般零件上孔的加工；【自动钻孔三轴】常用于复杂零件的编程，它通过软件自带的或者用户定义的工艺库对孔进行自动编程，编程效率和安全性是手动编程所无法比拟的。

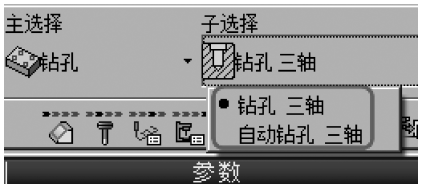


图2-66　钻孔工艺选项

2.7.1　钻孔-三轴加工对象的定义

钻孔加工和铣削加工一样，同样需要定义加工对象。钻孔的加工对象是孔的中心点，加工对象的定义窗口如图2-67所示，通过此窗口可以完成如下操作。

1）选择钻孔点：选择孔点的加工位置，共有三种选择方法，分别是：【单个点】【孔中心】【圆柱中心】。【单个点】选择方法是一个个去选择孔的中心位置点；【孔中心】的选择方法是通过框选孔的办法选择加工点，此种办法还可以通过输入孔的直径来过滤不需要的孔；【圆柱中心】的选择方法是通过选择圆柱面确定孔的加工位置，此种选择方法可以方便地选择孔的上端部不是平面的情形，如图2-68所示。

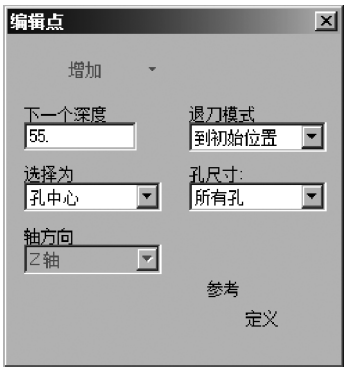


图2-67　钻孔点的定义窗口

2）确定钻孔的深度：在【下一个深度】参数选项下面输入深度值即可定义孔的加工深度。

3）指定退刀模式：在【退刀模式】参数选项下面选择【到退刀点】或者【到初始位置】，【退刀点】选项相当于铣削里的【增量】抬刀，【初始位置】相当于铣削里的【到安全平面】选项。

4）编辑孔：编辑孔的命令在窗口的上面，有【增加】、【取消】和【修改】三个选项，如图2-69所示【增加】用来添加钻孔点，【取消】用来删除不需要的加工点，【修改】用来

① 攻丝一词在国家标准中现为攻螺纹，但由于软件中仍为攻丝这里为统一田攻丝

修改孔的加工参数，比如加工深度。

5）定义钻孔的方向：用来定义是在当前坐标系的 Z 轴方向还是参考面的法向进行钻孔，2.5 轴的钻孔方向是当前激活坐标系的 Z 方向。

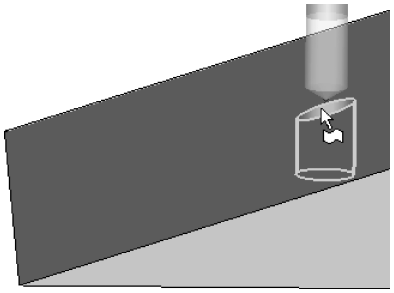


图 2-68　选择斜面上的孔

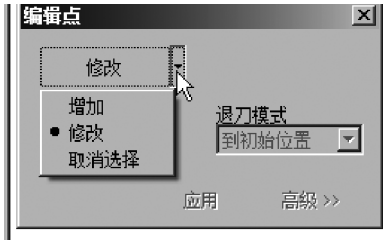


图 2-69　编辑钻孔加工对象

2.7.2　钻孔-三轴加工参数

钻孔加工参数表如图 2-70 所示，包括钻孔参数、深度参数和钻孔退刀，下面分别介绍各个参数的含义。

1. 钻孔参数

（1）钻孔类型　指定钻孔加工工艺，包括车间常用的点钻、深孔逐钻、镗孔、攻丝等 12 个选项，如图 2-71 所示。

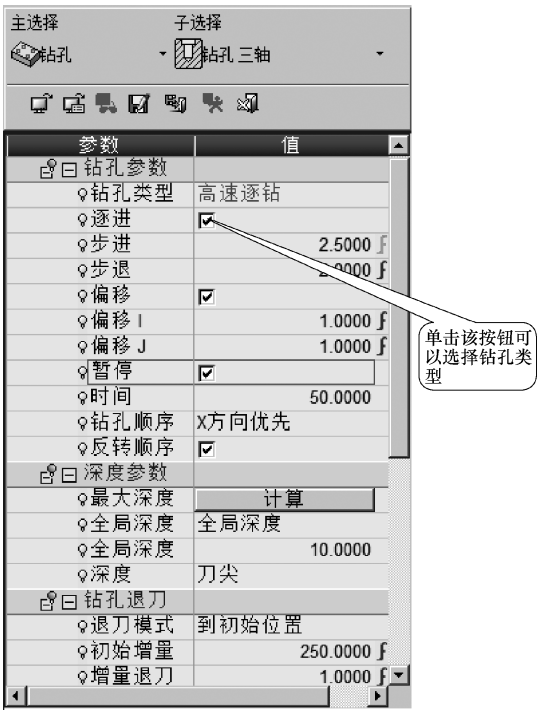


图 2-70　钻孔刀路参数

图 2-71　钻孔类型

（2）逐进　勾选【逐进】选项可以使钻孔加工逐步进行，此时需要指定下面的【步进】和【步退】参数，一般是用在深孔或者高速逐钻加工场合。

（3）步进　勾选【逐进】选项时此参数才能出现，指定逐进操作时每步的进入长度，默认和步退相等。

（4）步退　勾选【逐进】选项时此参数才能出现，指定逐进操作时为了排除铁屑让刀具后退的长度。

（5）偏移　可以让刀具在加工完毕后在径向方向回退一个距离，偏移的大小由参数【偏移 I】和【偏移 J】决定，一般是用在镗孔加工场合。

（6）偏移 I　勾选【偏移】选项时此参数才能出现，指定 I 方向的数值。

（7）偏移 J　勾选【偏移】选项时此参数才能出现，指定 J 方向的数值。

（8）暂停　勾选【暂停】选项可以使刀具加工到底部时暂停一段时间，刀具保持旋转状态，目的是保持孔底光滑，常用在扩孔或者加工沉头孔的场合。

（9）时间　勾选【暂停】选项时此参数才能出现，用来定义刀具在孔底的停留时间，单位是毫秒。

（10）钻孔顺序　定义加工孔的顺序，有【选择顺序】、【X 方向优先】和【Y 方向优先】3 个选项。【选择顺序】是按照选择孔的顺序加工各个孔；【X 方向优先】是沿着 X 轴方向的优化顺序加工各个孔；【Y 方向优先】是沿着 Y 轴方向的优化顺序加工各个孔。

（11）反转顺序　可以让加工从与选择的顺序相反的方向开始。

2. 深度参数

（1）最大深度　单击其右侧【计算】按钮可以计算钻孔的最大深度值。

（2）全局深度　设定钻孔深度有全局深度、全局 Z 顶部、全局 Z 底部和多个选项。

1）全局深度：加工所有孔的深度都一样。

2）全局 Z 顶部：加工所有孔的起始位置都一样。

3）全局 Z 底部：加工所有孔的终止位置都一样。

4）多个：当加工孔的深度不一样时会出现此参数，此时定义加工的深度在选择加工对象的时候输入。

（3）深度　深度参数用来选择加工深度是参照刀具的哪个部分，有【完整直径】【刀尖】【倒角直径】3 个选项，图 2-72 所示为设定钻孔深度和不同参数的关系。

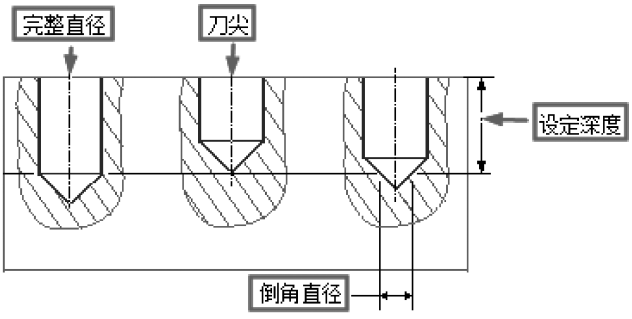


图 2-72　孔深的参考部位

3. **钻孔退刀**

它用来定义加工完一个孔以后刀具以何种方式移到另一个孔，有【到退刀点】和【到初始位置】两个选项。

（1）到退刀点　加工完一个孔后刀具抬到由【增量退刀】参数定义的位置后再移动到下一个孔位置，刀具抬到的位置比较低，如图 2-73 所示。

（2）到初始位置　加工完一个孔后刀具抬到由【初始增量】参数定义的位置后再移动到下一个孔位置，刀具抬到的位置比较高，如图 2-74 所示。

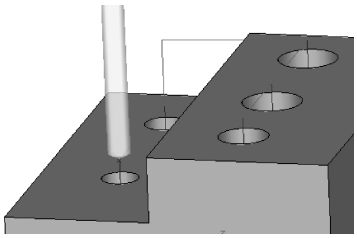


图 2-73　抬刀到退刀点

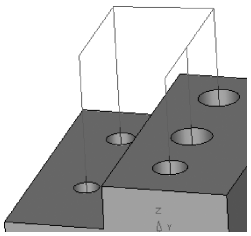


图 2-74　抬刀到初始位置

2.7.3　自动钻孔-三轴的应用

自动钻孔是高级的钻孔加工策略，它除了包括“钻孔三轴”策略里的 12 项加工工艺，还支持螺纹铣、枪钻、型腔和轮廓加工等工艺。“型腔”相当于对孔进行 2.5 轴的粗加工，“轮廓”相当于对孔进行 2.5 轴的轮廓精加工，型腔和轮廓一般是使用平刀。对于大孔的加工，一个钻孔程序可以包含钻、铣复合工艺，编程效率高。

自动钻孔可以识别当前的毛坯状态，并可以更新剩余毛坯，这能很好地保证钻孔加工的安全性。

自动钻孔-三轴的编程过程：

1）在编程向导条上选择创建程序命令，在子选择里选择“自动钻孔-三轴”选项，进入如图 2-75 所示的界面。

2）单击对孔进行分组的图标，然后框选零件所有的孔，单击鼠标中键确认，在右侧（图 2-中前头所指）可以发现系统自动对选择的孔进行了分组，组里可以显示孔的数量。

图 2-75　选择自动钻孔-三轴

图 2-76　自动分成的组

3）单击自动创建孔的加工工艺图标，在弹出的窗口单击【确认】按钮，系统会在工艺库里自动选择加工工艺，并会出现信息窗口通知孔是否被附加了加工工艺。

4）对于没有自动附加工艺的孔组可以单击定义/修改图标，对孔进行自定义加工工艺，输入加工参数。

5）选择编程窗口保存并计算图标，完成钻孔刀路轨迹的计算。

对于自动生成的孔工艺，如果不满意也可以通过单击孔的工艺，然后单击右键选择“修改工艺”命令，如图 2-77 所示，在弹出的窗口可以修改刀具、钻孔类型和加工参数，如图 2-78 所示。

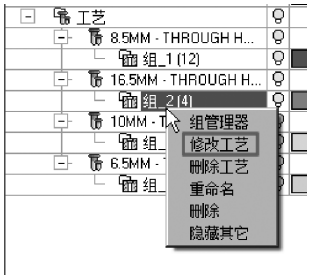


图 2-77　修改孔的加工工艺

图 2-78　工艺编辑窗口

在自动钻孔编程窗口里，系统允许编程者把自己设计好的孔加工方案存成模板，以后再对同类型的孔进行编程时会自动生成加工工艺，把设计好的钻孔加工方案存成模板的命令图标是，模板存放位置是 Cimatron \ CimatronE \ Data \ Sequences \ 。

2.8　2.5 轴铣削加工综合实例

本节练习可以学到以下知识：

●毛坯的创建方法

●编程的辅助分析工具

●刀具的加载方法

● 2.5 轴粗加工策略的选取以及参数设定

● 2.5 轴精加工策略的选取以及参数设定

●程序的复制

●导航器的使用

●程序的加工仿真

●机床加工代码的生成

如图 2-79 所示的是要加工零件的三维图，图 2-80 所示的是零件加工之前的毛坯状态，是一个周边和上下面没有加工余量的矩形盒毛坯，材质为 45 钢。零件装夹使用的辅具是常

用的标准虎钳，零件最终加工精度要求 $Ra3.2$，具体工艺安排见表 2-2。

表 2-2　凹模套板加工工艺列表

序　　号	程 序 名 称	刀 具 名 称	直径/mm	刀具类型	都加上切深 · 和步距材料	转速（转/分）	进给（毫米/分）
1	粗加工中间槽	FLAT12-H	12	平刀		6000	1000
2	精加工中间侧壁	FLAT12-H	12	平刀		6000	500
3	精加工中间槽底部	FLAT12-H	12	平刀		6000	1000
4	粗加工左侧槽	FLAT08-H	8	平刀		6500	800
5	精加工左侧槽	FLAT08-H	8	平刀		6500	500
6	粗加工右侧槽	FLAT08-H	8	平刀		6500	800
7	精加工右侧槽	FLAT08-H	8	平刀		6500	500

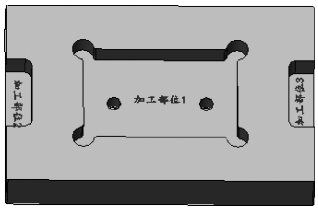


图 2-79　要加工零件的三维图

图 2-80　零件毛坯

练习的文档名称是“凹模套板”，其位置在光盘/练习文档/2.5 轴练习模型文件夹下，做练习之前把练习文档都复制到电脑硬盘里。

最终完成的编程文件在光盘的练习结果/2.5 轴文件夹下，可供参考。下面详细介绍练习的步骤：

1. 进入软件初始界面

双击桌面 Cimatron E10 图标，进入软件的初始界面，如图 2-81 所示。

图 2-81　CimatronE10 初始界面

2. 进入编程环境界面

单击界面新建图标按钮，并按照图 2-82 所示标记的箭头顺序进行操作，进入软件的

编程界面。默认进入的界面是高级编程模式，单击工具条上的图标，可以切换到向导编程模式，其窗口如图 2-83 所示，本书编写以向导模式界面为主。

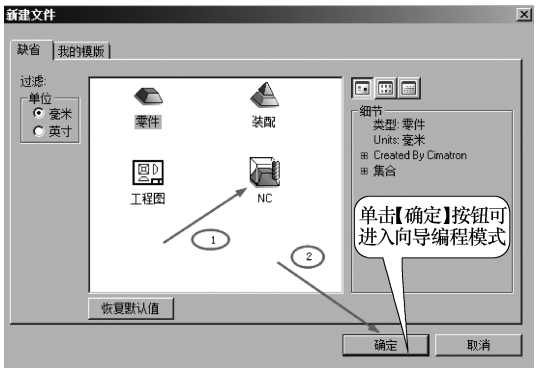


图 2-82　选择编程环境

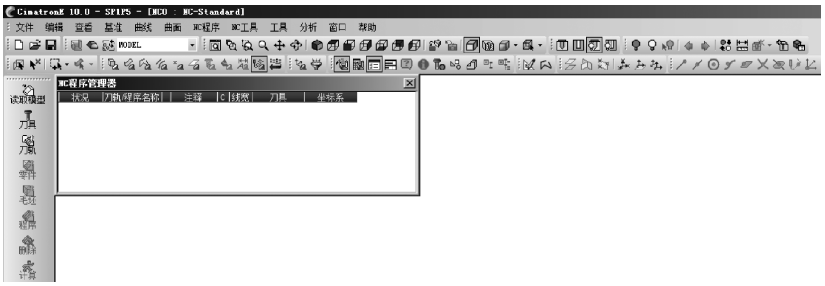


图 2-83　向导编程模式窗口

进入下面的练习以前，建议初学者复习一下以前介绍的有关编程界面左侧 NC 向导条各个命令图标的含义，以便能顺利地完成对于这个零件的程序编制。

3. **加载编程模型**

单击图 2－83 中窗口左侧向导条上的【读取模型】图标，浏览到凹模套板后，左键单击文件名称，再单击【选择】按钮，选择顺序如图 2-84 箭头所示。

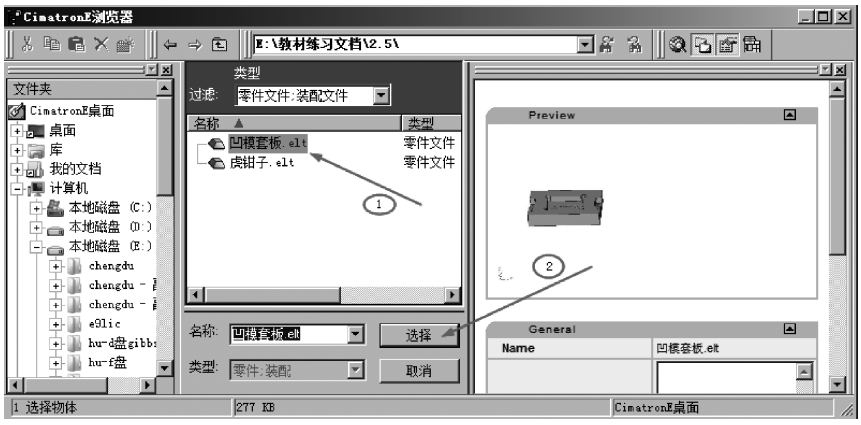


图 2-84　选择加工模型

在出现的坐标系选择界面中默认出现的坐标系来放置模型，并单击【确认】按钮，如图2-85所示，此时窗口里便会出现编程模型，如图2-86所示。

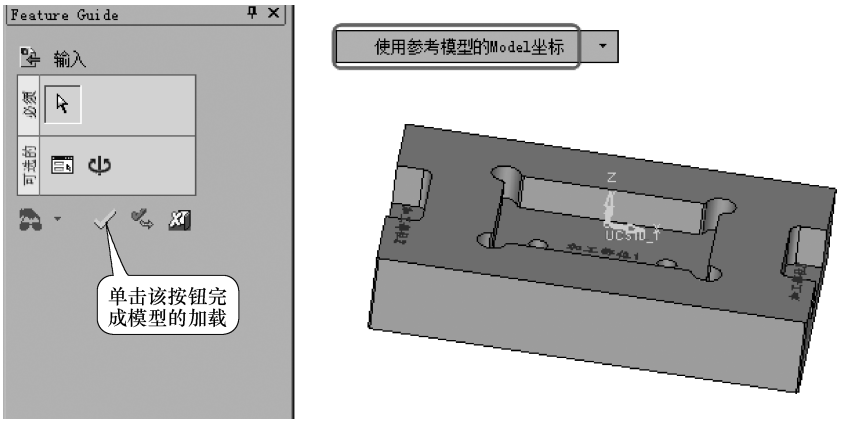


图2-85　确认模型加载

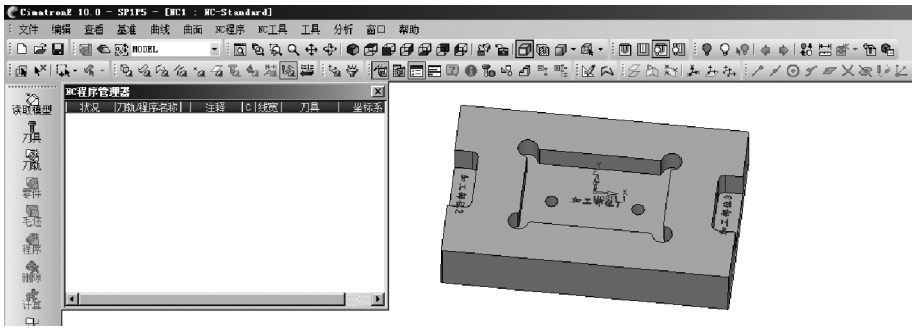


图2-86　模型加载到编程界面

4. **分析模型**

分析模型常用的是圆角分析、拔模角分析以及测量工具，分析的结果有助于我们选择加工策略和刀具。

(1) 圆角分析　圆角分析可以帮助编程者选择刀具直径。选择主菜单分析→曲率分析命令，如图2-87所示，用鼠标左键框选整个模型，把所有面全部选中，然后用鼠标中键确认选择的面，此时把光标点到某一个圆角面可以显示出其半径值，如图2-88所示，从分析可以看出，精加工开放槽的刀具直径不应该大于10。

(2) 测量　在决定加工狭窄区域的刀具直径时，测量就显得非常有用。选择工具条上的测量图标，在出现的窗口选择“测量”“距离”选项，左键用鼠标分别选择里腔圆角上面的边线，请参照如图2-89所示的顺序操作，可以得知最窄处边线的距离是13.103mm，因此无论是粗加工还是精加工这个部位，选择刀具直径为12mm的平刀比较合适。

图 2-87　进入圆角分析

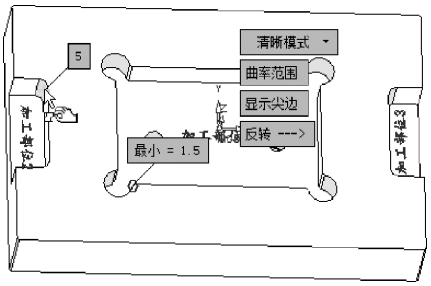


图 2-88　圆角分析界面

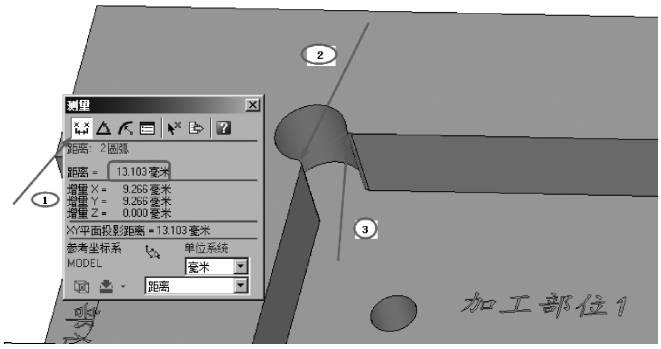


图 2-89　测量最窄部位距离

（3）拔模角分析　拔模角分析可以帮助选择刀具类型。选择【菜单分析】→【方向分析】命令，如图 2-90 所示，同样框选所有面后，单击鼠标中键确认，从颜色图可以看到，除了垂直面就是水平面，如图 2-91 所示，所以把模型加工到合适尺寸不需要锥形刀具。

图 2-90　进入拔模角分析

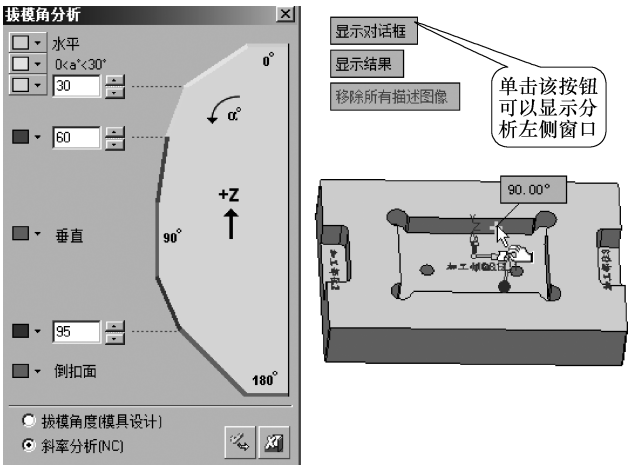


图 2-91　拔模角分析界面

5. 从刀具库里选择刀具

先查看是否在编程时自动加载刀具库，单击主菜单工具/预设定设置，如图 2-92 所示，在 GeneralNC 面板中不要勾选箭头选项，如果是勾选状态，请在第 1 步进入到初始界面后设置成不勾选状态。

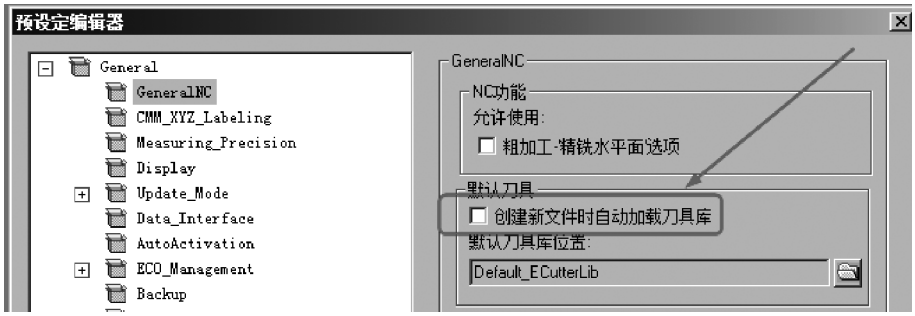


图 2-92　设定不自动加载刀具库

单击向导条上的创建刀具图标，在出现的窗口单击箭头所示的【从刀具库中添加刀具】图标，如图 2-93 所示。

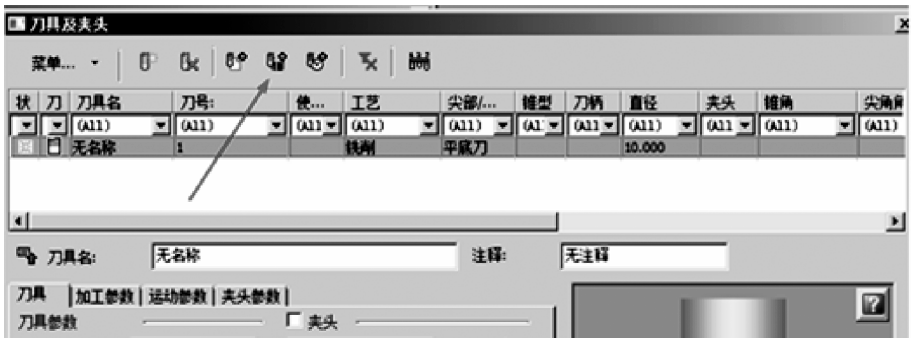


图 2-93　选择从刀具库加载刀具命令

出现的刀具库窗口如图 2-94 所示，按照图中标注的顺序操作，结果在“刀具及夹头”窗口出现了所需要的两把刀具：直径分别为 8 和 12 的平底刀具，如图 2-95 所示，单击【确认】按钮，退出刀具的加载。

【提示】：一般的零件加工使用的刀具，均可以在 CimatronE 自带刀具库里选择，如果工艺要求使用特殊规格的刀具，则需要在刀具及夹头管理器中进行创建。

6. 创建刀轨

单击对话框左侧向导条上的刀轨图标，刀轨类型选择 2.5 轴，注释输“练习”，再单击【确认】按钮。

具体操作如图 2-96 所示。

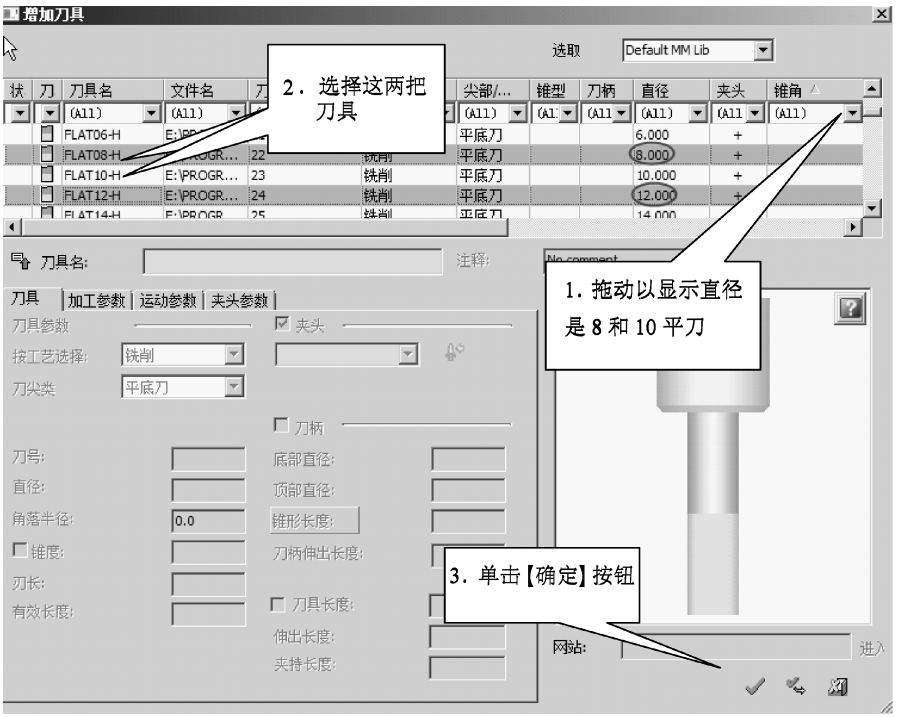


图 2-94　从标准刀具库里加载刀具

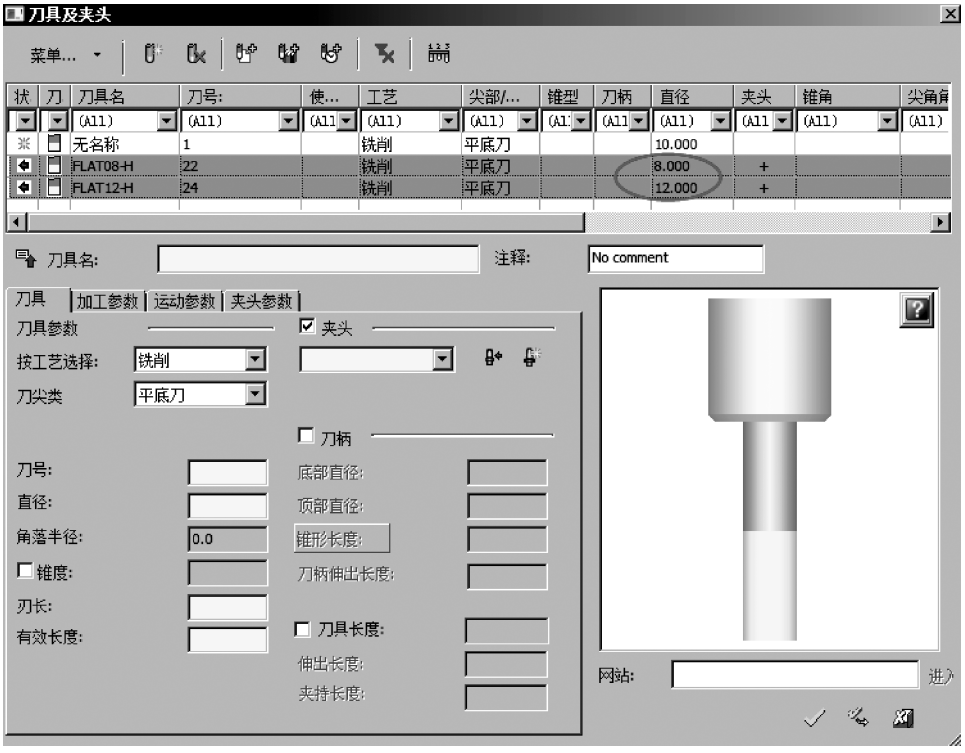


图 2-95　刀具及夹头管理器

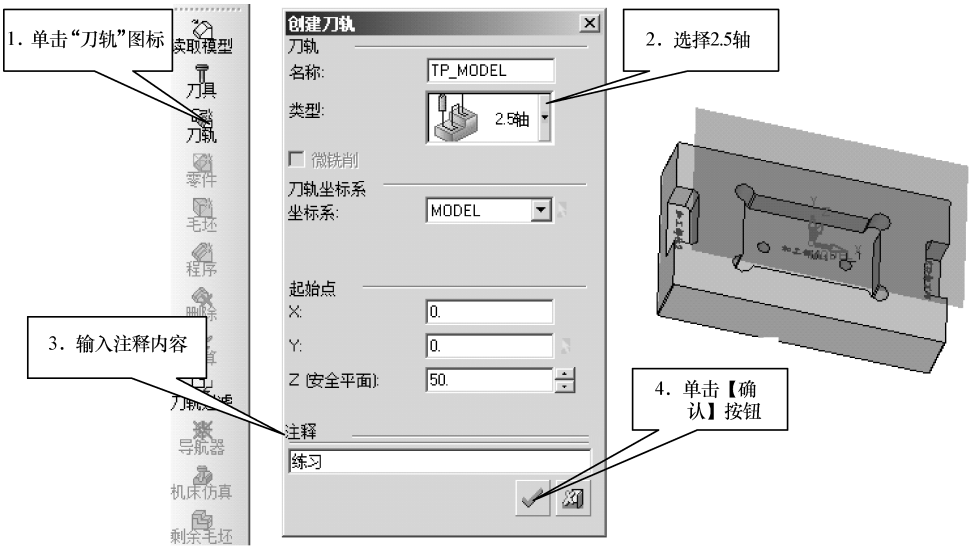


图 2-96　创建刀轨

结果在程序窗口出现 TP _ MODEL（2.5X），如图 2-97 所示。

图 2-97　程序管理器里增加了 TP

7. 创建毛坯

创建毛坯的目的是为了模拟，亦可优化刀路轨迹，需要根据实际毛坯状态进行创建。

单击向导条创建毛坯图标，打开毛坯设置界面，默认限制盒毛坯选项，如图 2-98 所示，并单击【确认】按钮。

8. 创建程序

这个步骤是编程的主要部分，应根据零件的加工要求合理选择加工策略。在这个步骤中需要完成加工部位 1 的粗、精加工程序、部位 2 的粗、精加工程序，通过程序复制完成部位 3 的粗、精加工程序以及钻孔程序。

创建程序以前建议初学者一下复习以前介绍的程序创建时的图标含义，如图 2-99 所示，下面的练习会频繁用到这些命令图标。

（1）创建加工部位 1 的粗加工程序　单击 NC 向导条上的创建程序图标，会弹出如图 2-100 所示的对话框，在子选择下面选择【型腔-环绕切削】工艺，然后单击【零件轮廓】

参数右侧的按钮选择控制加工范围的轮廓，则会弹出“轮廓管理器”对话框，如图 2-101 所示。

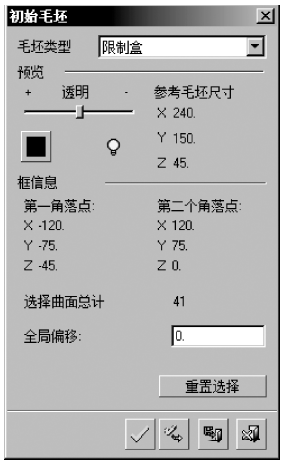


图 2-98　创建限制盒毛坯

图 2-99　创建程序需要的命令图标

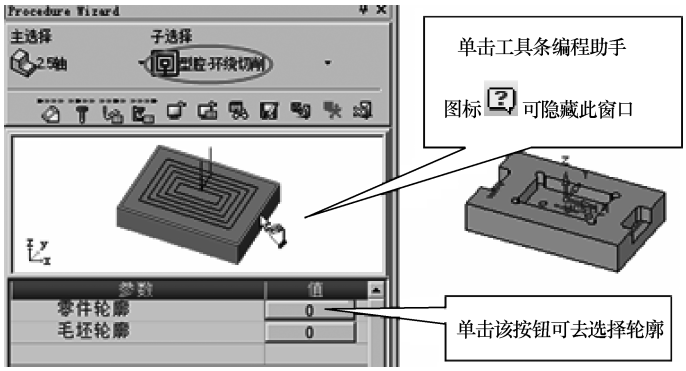


图 2-100　“程序管理器”对话框

在图 2-101 中的【刀具位置】选择在轮廓内，设定好后左键单击中间槽的底部，则会立刻粉色显示此面周边的轮廓线，然后中键确认选择，则管理器上的确认按钮被激活，再单击确认按钮，退出轮廓选择。

此时在【零件轮廓】参数后会有变化，显示已经选择了一个轮廓，如图 2-102 所示，如果要修改或者增加轮廓，则需要再次进入“轮廓管理器”对话框。

单击图 2-102 中的刀具图标，为此工序选择刀具。在弹出的“刀具及夹头”对话框选择直径为 12 的刀具，如图 2-103 所示，单击【确认】按钮。

单击刀路参数图标，则会弹出如图 2-104 所示的对话框，窗口中列出了 9 个选项参数，下面介绍相关参数的设定。

2）安全平面和坐标系：一般的也不需要改变，但如果改成如图 2-106 所示的两个参数，则可以减少内部抬刀高度，加工时间略有减少，此练习请按照下图进行设定。

3）进刀和退刀点：一般粗加工封闭的槽腔都要设定此项参数，尤其是使用端部有盲区

的牛鼻子刀具进行加工，注意这里的参数和实际刀具的参数是相关的，此练习请按照图 2-107 进行设定。

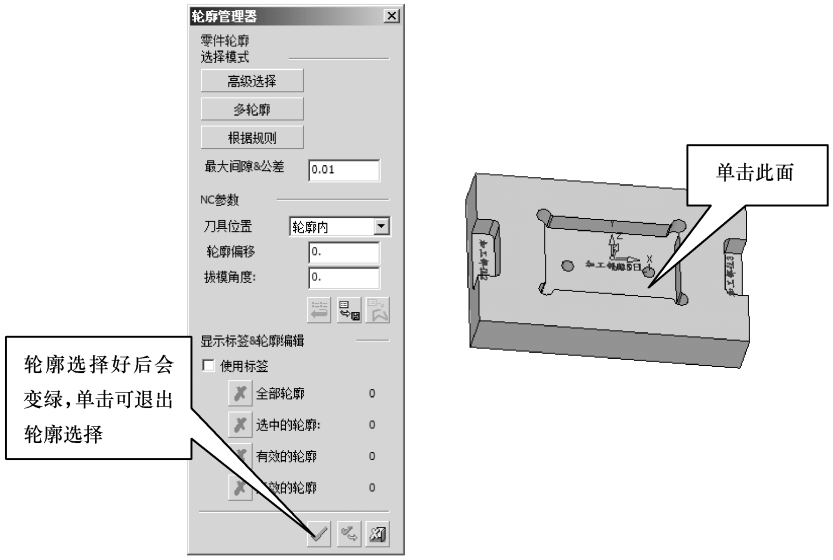


图 2-101　“轮廓管理器”对话框

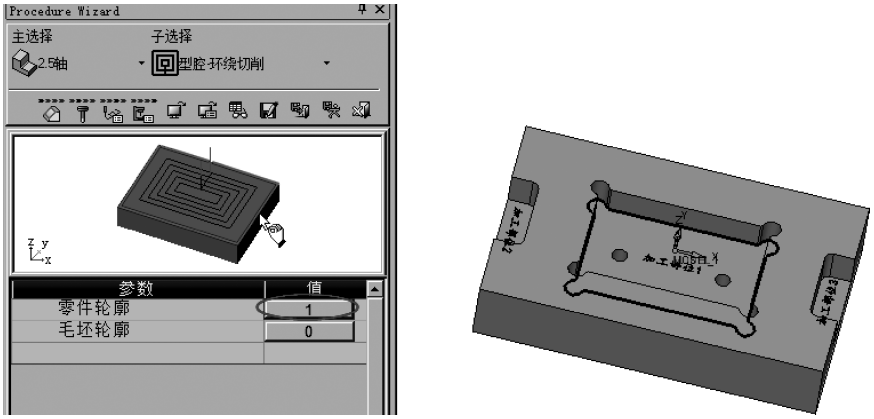


图 2-102　选择轮廓后的窗口变化

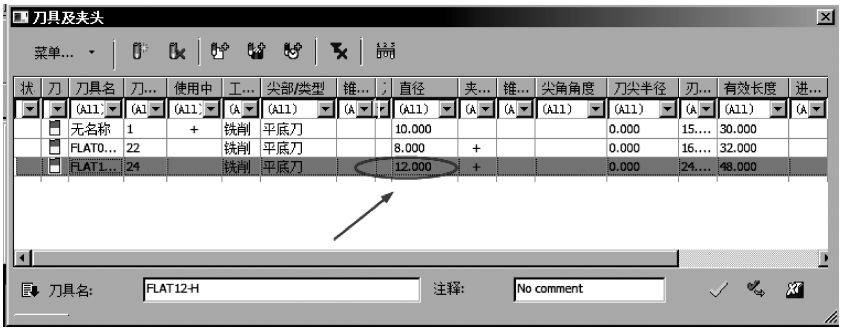


图 2-103　在“刀具及夹头”管理器中选择刀具

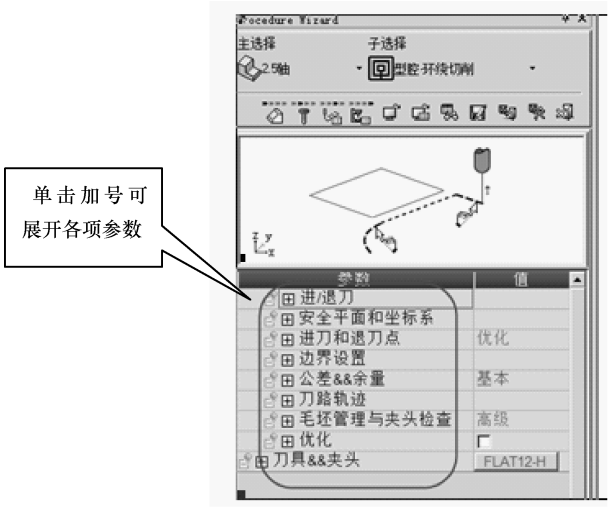


图 2-104　刀路参数

1）进/退刀：进/退刀参数按照图 2-105 所示进行设定，一般默认参数即可。

图 2-105　进/退刀参数

图 2-106　安全平面和坐标系

图 2-107　进刀和退刀点参数

4）轮廓设置：已经在上面选择轮廓时设定好了，在此不需要修改，但如果对轮廓参数进行修改，也可以在此进行。

【提示】：如果选择了多个轮廓，并且轮廓的位置和偏移选项不同，此时需要修改轮廓参数的话，必须要到轮廓管理器界面去修改。

5）公差 && 余量：在【轮廓偏移（粗加工）】选项右侧输入 0.2000，其余参数默认系统的设定，如图 2-108 所示。

6）刀路轨迹：因为坐标系在最顶面，因此 Z 最高点为 0. 因为槽的底面在坐标系 20 的位置，工艺要求给底面留出 0.15 加工余量，因此 Z 最低点为-19.85，其余参数按照图 2-109 进行设定。

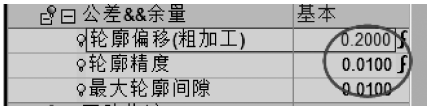


图 2-108　公差 7&.& 余量

图 2-109　刀路轨迹参数

7）毛坯管理和干涉检查：此选项不需要更改参数，默认系统设置的参数。

8）优化：勾选优化选项，在弹出的界面勾选“快速走刀干涉检查”选项，如图 2-110 所示。

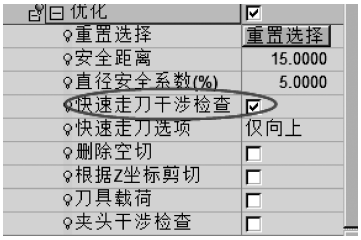


图 2-110　优化的设置

【提示】：如果零件简单，确信加工过程不会发生碰撞，则不必勾选“优化”选项。

9）刀具 &.& 夹头：同样不需修改任何参数，已经正确地选择了刀具。

以上参数设定完毕后，单击程序管理器上的设定机床参数图标，按照图 2-111 所示的参数值进行设定。

单击保存并计算图标，完成刀路轨迹的计算，结果如图 2-112 所示，。

（2）创建加工部位 1 侧壁的精加工程序　单击 NC 向导条上的创建程序图标，在子选择一项选择型腔-精铣侧壁工艺，如图 2-113 所示。因为这个程序的加工轮廓和上面粗加工程序的加工轮廓相同，因此这个程序的加工轮廓可以不去选择，系统自动默认了上面的设置。

图 2-111　机床参数

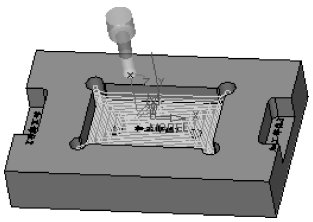


图 2-112　中间槽的粗加工轨迹

图 2-113　选择加工工艺

【提示】：CimatronE 软件具有记忆功能，下面的程序编制可以自动记忆上面程序的设置，因此很多时候加工轮廓、加工曲面、加工刀具和一些加工参数可以不需要重复选择，提高了编程效率和准确性。

单击图 2-113 中的刀具图标，在弹出的刀具和夹头窗口选择直径为 12 的刀具，如图 2-114所示，单击【确认】按钮。

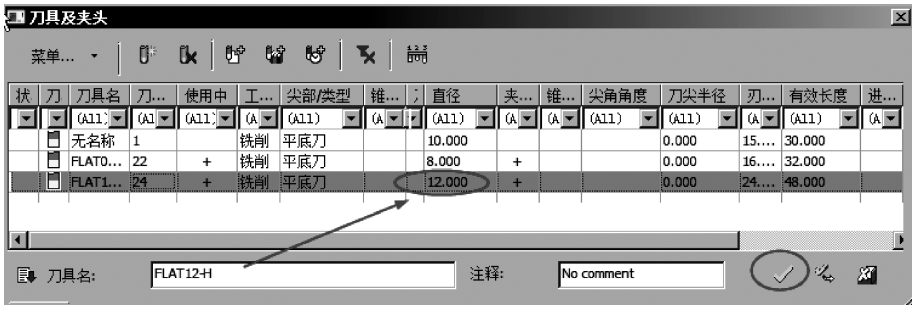


图 2-114　选择刀具

单击刀路参数图标，则会弹出如图 2-115 所示的对话框，各项的参数设置如下。

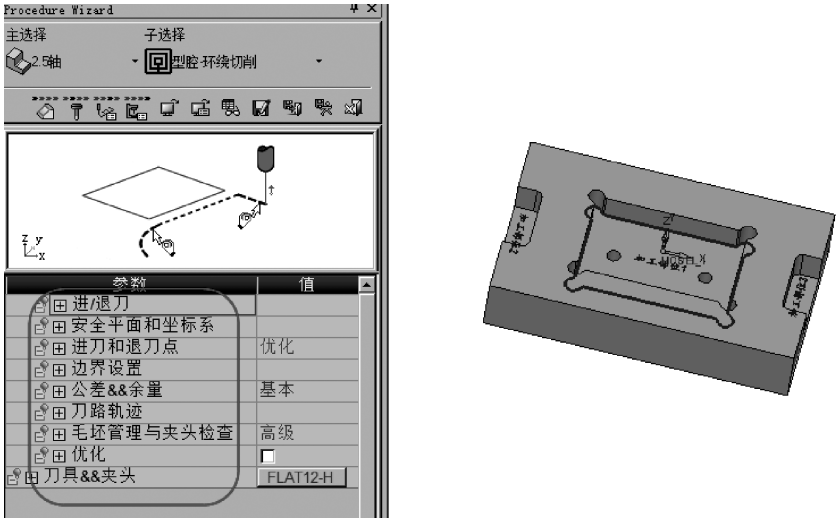


图 2-115　刀路参数

1）进/退刀：以保证更好的加工质量，轮廓进/退刀设置为“相切”，如图 2-116 所示。

2）安全平面和坐标系：默认系统设定，不修改任何参数。

3）进刀和退刀点：默认系统设定，不修改任何参数。

4）轮廓设置：默认系统设定，不修改任何参数。

5）公差 &&. 余量：默认系统设定，不修改任何参数。

6）刀路轨迹：Z 最高点为 0，Z 最低点改为－20，其余参数设定如图 2-117 所示。

其余各项的参数默认系统设置，不需要修改。

图 2-116　相切进/退刀

图 2-117　刀路轨迹参数

单击程序管理器上的设定机床参数图标，按照图 2-118 所示的参数值进行设定。

单击保存并计算图标，计算出精加工刀路轨迹，结果如图 2-119 所示（隐藏了粗加工轨迹），通过查看，发现刀具是从侧壁的中间位置切向进/退刀的。

图 2-118　机床参数设定

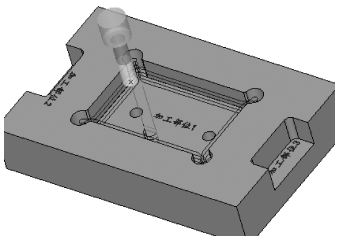


图 2-119　侧壁精加工轨迹

完成了上面两个程序的创建后，管理器上应该有两个程序显示，如图 2-120 所示。

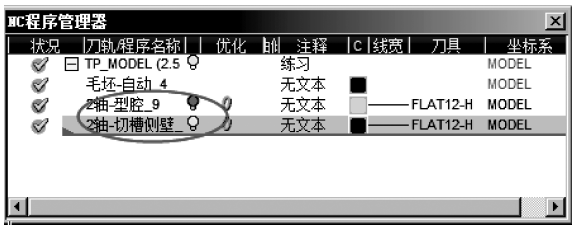


图 2-120　程序管理器

（3）创建加工部位 1 底部的精加工程序　对于底部的精加工程序，可以把第一个程序进行复制，修改一些加工参数再重新计算，即可完成此程序的设计，具体的操作如下。

1）首先复制程序：单击第一个程序，单击右键选择【复制】命令，如图 2-121 所示。

2）左键单击第二个程序，然后单击右键选择【粘贴】命令，如图 2-122 所示，则在程序管理器上会有三个程序显示。

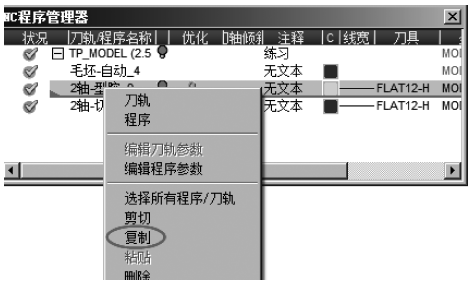


图 2-121　程序复制

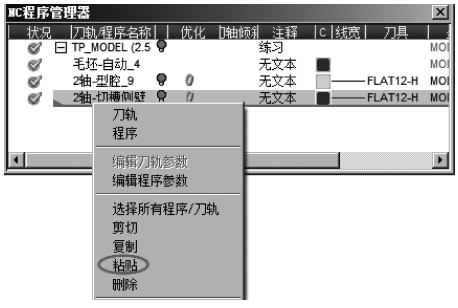


图 2-122　程序粘贴

3）分别单击前两个程序右侧的灯泡，隐藏刀路轨迹，只显示第三个复制的程序的轨迹，如图 2-123 所示。

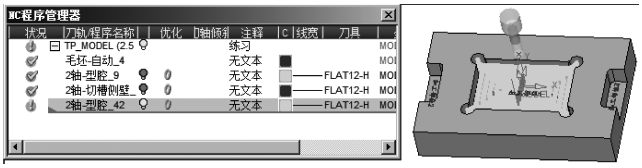


图 2-123　显示第三个程序轨迹

4）编辑复制的程序：左键双击第三个程序，并单击窗口上的刀路参数图标，修改【安全平面和坐标系】、【公差 && 余量】和【刀路轨迹】选项的几个参数，具体的修改如图 2-124 所示。因为没有使用增量抬刀，取消【优化】选项，单击保存并计算图标，结果如图 2-125 所示，只在底部产生一层的精加工轨迹。

图 2-124　修改各项参数

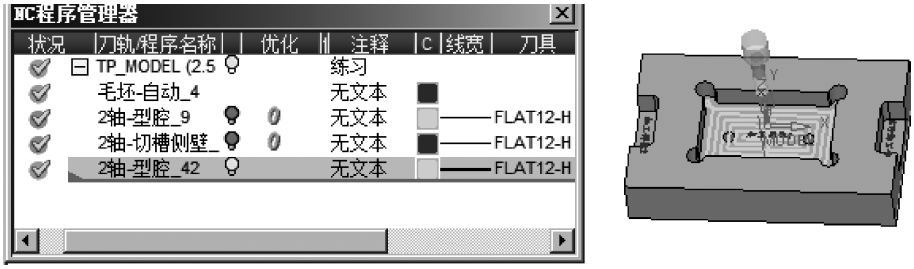


图 2-125　中间槽底部精加工刀路轨迹

【提示】：如果零件复杂，加工轮廓不是简单的直线和圆弧，不建议使用复制粗加工来设计精加工，因为会影响加工的精度，应该使用精加工策略去加工。

（4）创建加工部位 2 的粗加工程序　单击 NC 向导条上的创建程序图标，在子选择一项选择【开放轮廓】加工工艺，如图 2-126 所示，然后单击【轮廓】参数右侧的按钮，则会弹出“轮廓管理器”窗口，如图 2-127 所示。

在空白处单击右键并选择【重置所有】命令，在弹出的菜单选择【是】按钮，取消系统默认的上面程序使用的轮廓。

在“轮廓管理器”对话框中，【刀具位置】选择切向，【切削侧】选择在左侧，设定好后按照图中所示的起始和终止顺序选择两个边线，得到一条开放的粉色轮廓线，然后中键确认选择，则管理器上的【确认】按钮被激活，再单击确定按钮，退出轮廓选择。

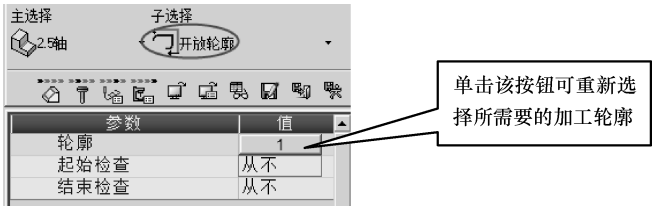


图 2-126　程序管理器

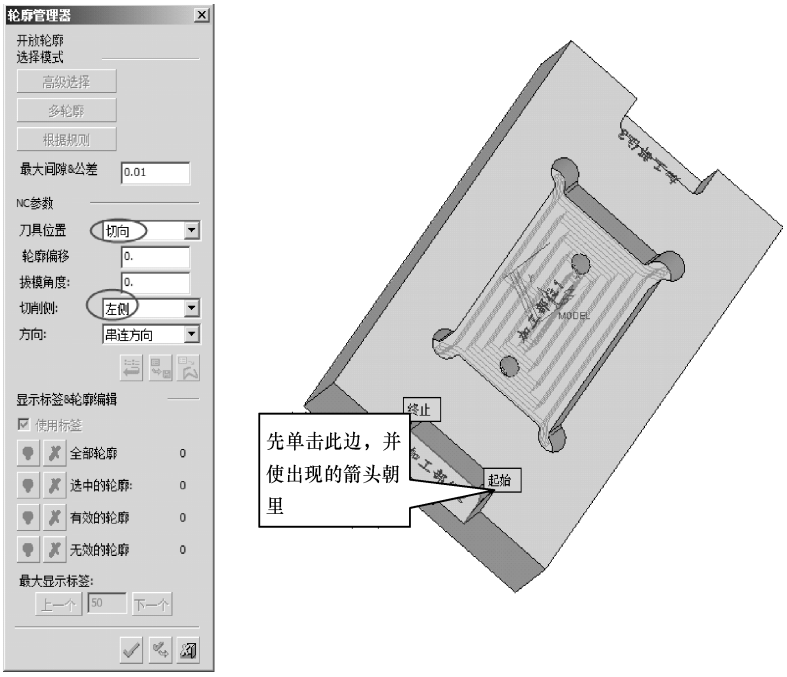


图 2-127　轮廓管理器

单击图 2-127 中的刀具图标，在弹出的“刀具及夹头”窗口选择直径为 8 的刀具，如图 2-128 所示，单击【确认】按钮。

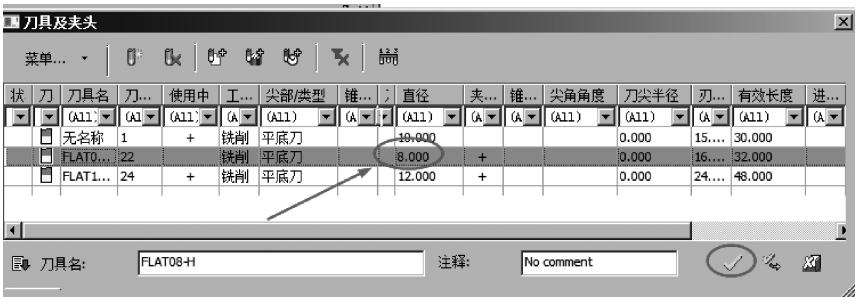


图 2-128　“刀具及夹头”对话框

单击刀路参数图标，则会弹出如图 2-129 所示的对话框，相关的参数设置如下。

1）进/退刀：设定大于刀具半径的延伸数值，保证刀具从外部进入，具体设置如图 2-130 所示。

图 2-129　刀路参数

图 2-130　进/退刀参数

2）安全平面和坐标系：默认系统设定，不修改任何参数。

3）进刀和退刀点：默认系统设定，不修改任何参数。

4）轮廓设置：轮廓偏移输入 0.2，如图 2-131 所示。

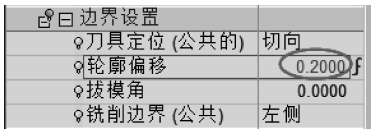


图 2-131　边界设置

5）公差 &&. 余量：默认系统设定，不修改任何参数。

6）刀路轨迹：Z 最高点设置为 0，Z 最低点设置为－24，因为槽宽是 20，为了第一刀能加工到毛坯，【毛坯宽度】的输入参数定为 16，侧向步距为 4，其余参数设定如图 2-132 所示。

7）毛坯管理和干涉检查：此选项不需要更改参数，默认系统设置的参数。

8）优化：不需要修改任何参数。

9）刀具 &&. 夹头：不需要修改任何参数。

以上参数设定完毕后，单击机床参数图标，按照图 2-133 所示的参数值对机床参数进行设定。

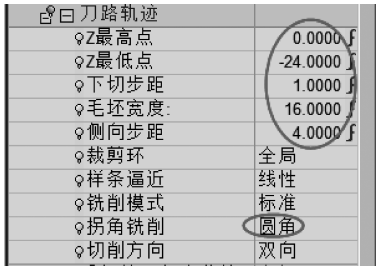


图 2-132　刀路轨迹参数

图 2-133　机床参数

单击保存并计算图标，计算出刀路轨迹，修改注释为【左侧槽-粗】，如图 2-134 所示。

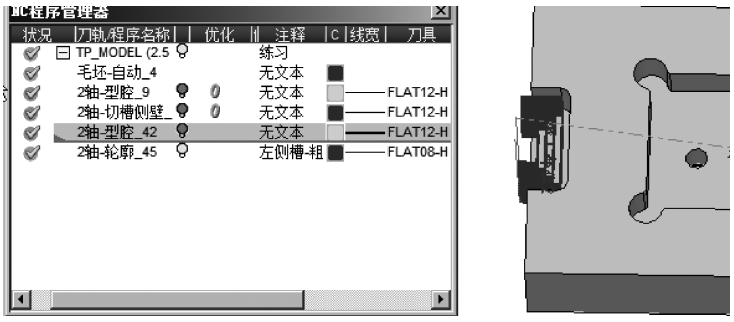
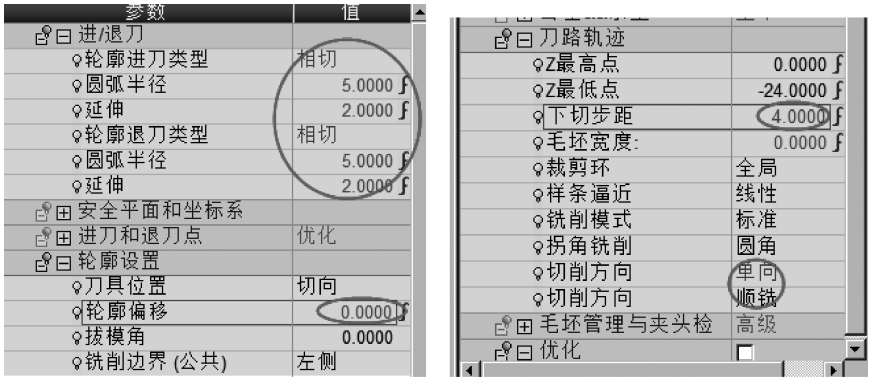


图 2-134　左侧槽侧壁粗加工刀路轨迹

（5）创建加工部位 2 侧壁的精加工程序　也如第三个程序一样，通过复制程序再修改一些参数来实现，按照上面的方法复制的第四个程序被放在其下，修改注释为【左侧槽-精】，并隐藏其他刀路轨迹，如图 2-135 所示。

图 2-135　程序管理器

双击复制的程序，按照图 2-136 所示对各项参数进行修改。单击机床参数图标，把进给由 800 改成 500，最后【单击保存计算】按钮，得到的轨迹结果如图 2-137 所示。



a)　　b)

图 2-136　参数修改

【提示】：本练习可以通过合理设定毛坯宽度和侧向步距使用一个程序即可完成部位 2 的粗、精加工。

（6）创建加工部位 3 的加工程序因为左侧槽和右侧槽是镜像关系，右侧槽的加工程序通过镜像复制左侧槽的程序来完成。

首先单击工具条上的显示图标，再单击零件中间的基准平面，单击鼠标中键确认选择，再一次单击鼠标中键退出显示命令，结果在零件上显示出了一个基准面，这个基准面将用来镜像程序。

选择 NC 向导条上的图标，主选择切换成【转换】，子选择切换成【镜像复制】，如图 2-138 所示，接着单击图中“程序”参数后面的按钮打开“选择程序”管理器，如图 2-139 所示。

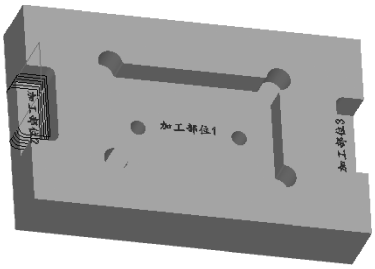


图 2-137　左侧槽侧壁精加工轨迹

图 2-138　选择镜像复制

勾选窗口最下面的两个程序，然后单击【确认】按钮，此时退回到了上一个图显示窗口，注意程序参数右侧的“0”变成了“2”，这说明选择了两个将要被镜像的程序。

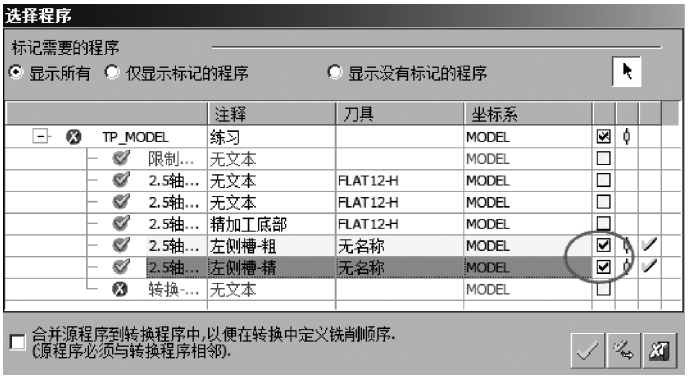


图 2-139　选择程序管理器

把图上的【用几何进行转换】右侧的选项切换成【平面】选项，并单击【平面】参数右侧的按钮去选择处于零件中间的基准面，如图 2-140 所示，单击【确认】按钮退出镜像面的选择，此时的界面如图 2-141 所示。

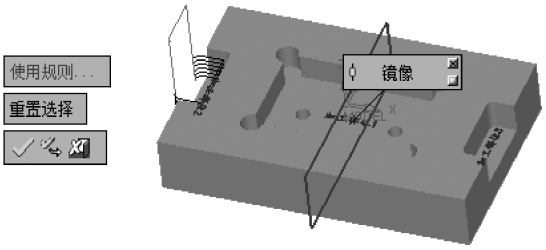


图 2-140　镜像平面选择

图 2-141　选择了镜像程序和平面

单击【保存并计算】按钮，完成程序的复制。结果在程序管理器上出现了通过镜像复制的程序，修改注释为右侧槽程序，如图 2-142 所示。

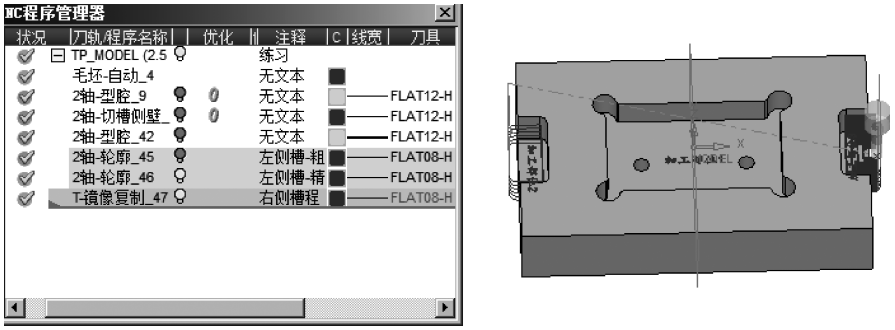


图 2-142　右侧槽加工轨迹

为了更好地管理程序，修改前三个程序的注释分别为：中间槽-粗、中间槽侧壁-精、中间槽底部-精。

从管理器里看出，“状况”一列全是绿色的对号“✓”，说明程序已经全部经过正确的计算，在优化一列，前两个程序有符号“0”，说明程序做了优化处理。

9. **模拟程序**

模拟程序分为导航器模拟和机床模拟。导航器模拟不需要进入其他环境直接在编程界面进行，只能对轨迹进行查看，不能进行带有毛坯的加工仿真；机床模拟则需要进入到另一个环境进行模拟，可以进行带有毛坯的机床加工仿真。

（1）导航器模拟程序　单击第一个粗加工程序，再单击向导条上导航器图标，为了查看更清楚，单击工具条上的信息栏按钮，界面显示会是图 2-143 所示的情形，单击导航器控制模板上的播放按钮，仔细查看信息栏，可以发现 Z 开始是不断地变化的，说明刀具切入封闭槽时是螺旋进刀的，信息栏进给显示也是不同的，它可以显示快速定位，300 的进给下刀和 1000 的进给正常切削。读者亦可把导航器上的【根据轨迹点】切换成【根据层】来查看刀路轨迹。

同样我们可以查看第二个精加工程序，查看可以发现它是圆弧进、退刀的，而且通过坐标查看刀具已经加工到槽的最底部，通过以上的查看，可以大致判断程序的有效性。

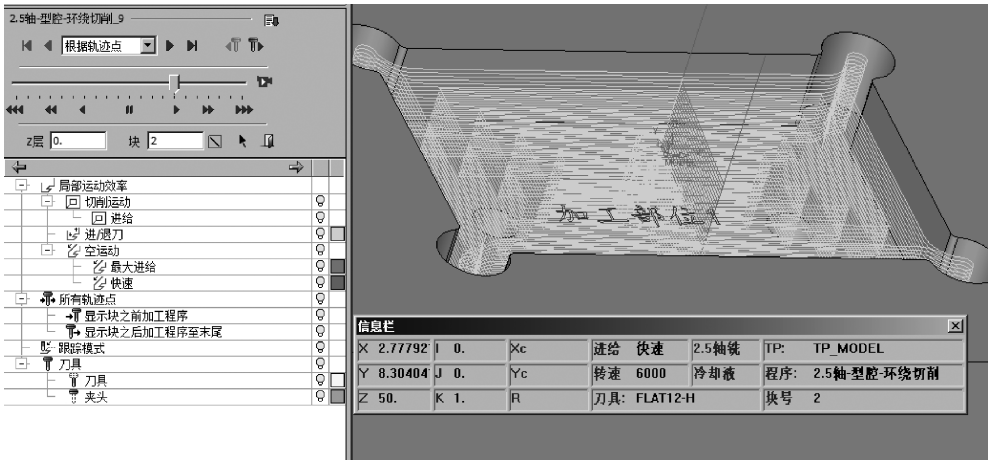


图 2-143　使用带有信息栏的导航器查看轨迹

（2）带有毛坯的加工仿真　单击程序管理器上任意一个程序，再单击 NC 向导条上的图标机床仿真，对话框如图 2-144 所示。请按照图中标注的顺序进行操作，注意要勾选【材料去除】选项。

在弹出的仿真窗口单击开始模拟图标▶，即可对所有程序进行仿真，仿真结果如图 2-145 所示，经过查看没有发现过切、碰撞等问题，所有程序均有效。

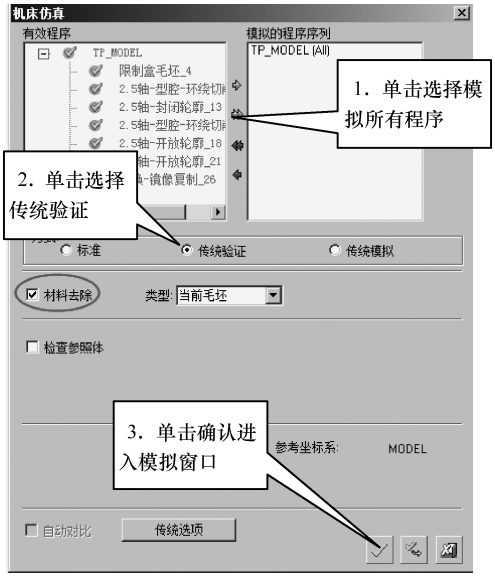


图 2-144　“机床仿真”对话框

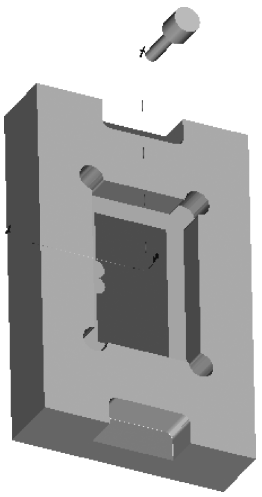


图 2-145　防真结果

10. **生成机床代码-后处理**

在 NC 向导条上单击后处理图标后处理，按照图 2-146 中标注的顺序进行操作，生成的 G 代码程序如图 2-147 所示。

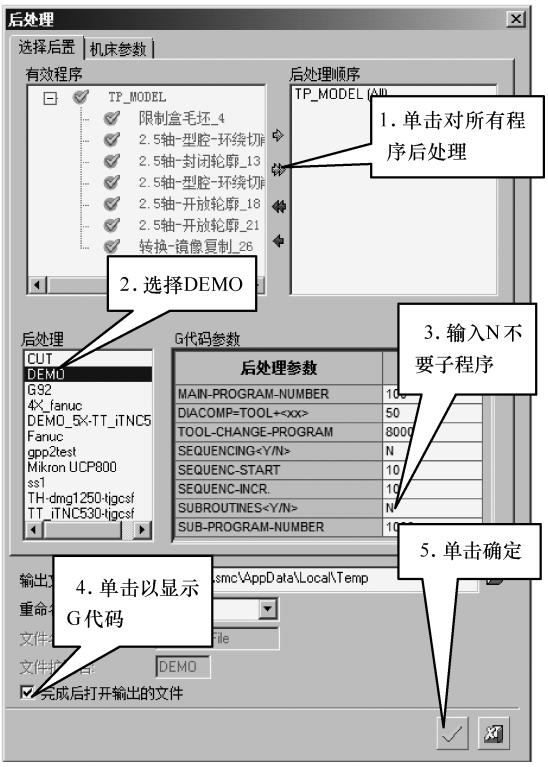


图 2-146 “后处理”对话框

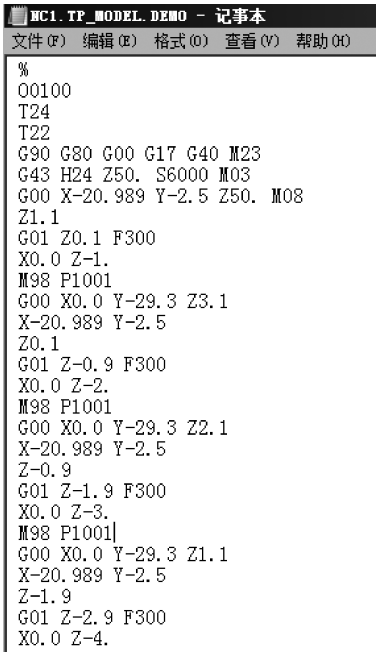


图 2-147 G 代码文件

11. **保存文件**

单击工具条上的保存按钮，在弹出的浏览器窗口输入文档名称：“2.5 轴练习”，单击窗口上的【保存】按钮，完成对文档的保存工作。建议在做的过程中保存文件。

2.9 钻孔加工练习

本节练习可以学到以下知识：

- 通过集合创建非规则毛坯
- 【钻孔-三轴】的应用
- 【自动钻孔-三轴】的应用
- 钻孔工艺参数的设定
- 钻孔程序的修改
- 钻孔程序保存为工艺库

这个练习创建三个程序：一个是通过【钻孔-三轴】工艺为直径 10 的孔编制预钻程序，一个是通过【钻孔-三轴】工艺为直径 10 的孔编制最终加工程序，第三个程序是使用【自动钻孔-三轴】工艺一次编制其他孔的加工程序。

练习的文档名称是“钻孔模型”，其位置在光盘\练习文档\2.5 轴练习模型文件夹下，做练习之前把练习文档都复制到电脑硬盘里。

最终完成的编程文件，在光盘\练习结果\2.5轴文件夹下，可供用户参考，下面详细介绍练习的步骤：

1. **进入编程环境**

参考2.8节的练习步骤1和2，进入编程环境，如图2-148所示。

图2-148　进入编程环境

2. **加载模型**

单击窗口左侧向导条上的【读取模型】图标，浏览到钻孔模型后，单击文件名称，再单击【选择】按钮，如图2-149所示，即可完成模型的加载。

图2-149　加载模型

在出现的坐标系选择界面里默认出现的坐标系来放置模型并单击【确认】按钮，此时窗口中便会出现钻孔模型，如图2-150所示。

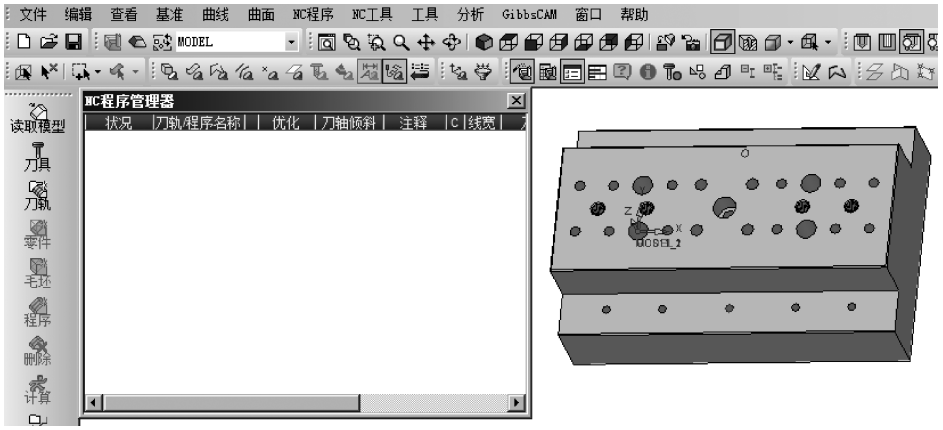


图2-150　模型加载到编程环境

仔细查看模型，发现有通孔、台阶孔和螺纹孔，有些孔的直径也不相同，对于不同类型和规格的孔，它们的加工工艺是不同的，因此编程者编程时应该做到心中有数。

3. **从标准刀具库加载刀具**

单击向导条上的创建刀具图标，在出现的窗口单击箭头所示的【从刀具库中添加刀具】图标，在出现的界面中选择如图 2-151 所示的 4 把钻头，单击【确认】按钮，如图 2-151所示，这时会在当前编程文件的刀具库控制面板中出现这 4 把刀具，再次单击【确认】按钮退出刀具的创建。

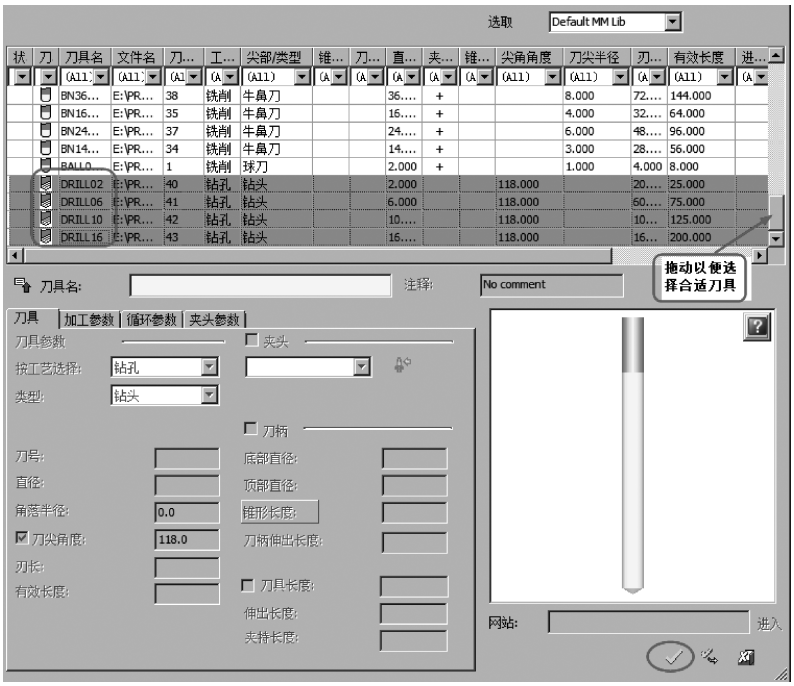


图 2-151　从标准刀具库选择 4 把钻头

4. **创建刀轨**

单击窗口左侧向导条上的刀轨图标，刀轨类型选择 2.5 轴，注释输入“钻孔练习”，再单击【确认】按钮，如图 2-152 所示。

5. **创建毛坯**

单击向导条创建毛坯图标，打开毛坯设置界面，选择【曲面】创建毛坯选项，并在空白处单击右键，在弹出的菜单中选择【根据规则选择曲面】，在出现的对话框中选择“毛坯”集合，如图 2-153 所示，单击集合窗口上的【确认】按钮，再单击初始毛坯窗口上的【确认】按钮，完成毛坯的创建。

可以发现在程序管理器上已经有毛坯的存在，并在状态栏有“c”显示，如图 2-154 所示，说明是根据规则创建的毛坯。

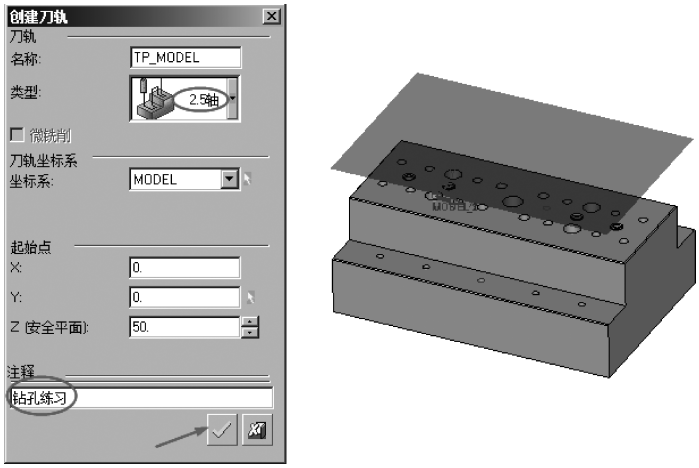


图 2-152　创建刀轨

图 2-153　根据规则选择毛坯

图 2-154　程序管理器

6. **创建加工程序**

（1）通过【钻孔-三轴】创建预钻直径为 10 的孔的程序　单击 NC 向导条上的创建程序图标，在弹出的窗口选择【钻孔】策略，在子选择下面选择【钻孔-三轴】加工工艺，如图 2-155 所示。

单击钻孔点参数右侧的按钮，则会弹出编辑点窗口，在【选择为】下面的选项中选择【孔中心】，在【孔尺寸】下面的选项中选择【根据直径】，并在【孔直径】下面输入孔的直径 10，如图 2-156 所示。

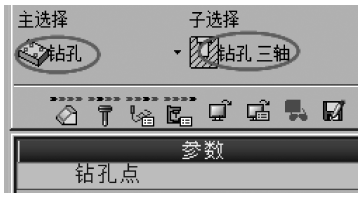


图 2-155　选择钻孔工艺

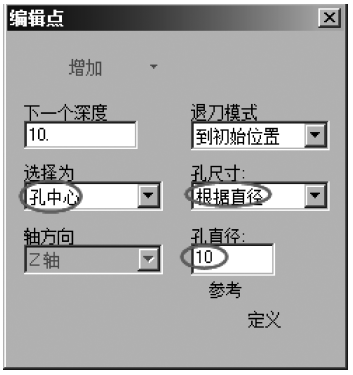


图 2-156　点的选择方法

用鼠标左键框选整个零件，单击鼠标中键确认，则可以选择满足设定条件的 4 个孔，如图 2-157 所示。

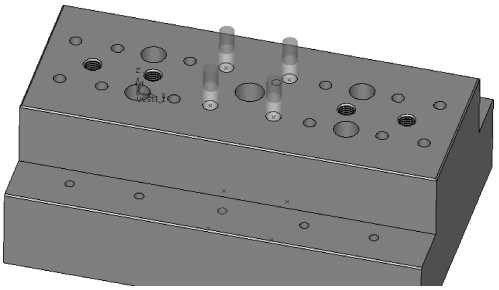


图 2-157　选择 4 个加工点

单击刀具图标，在弹出的刀具和夹头管理器窗口选择直径为 6 的钻头，如图 2-157所示，单击【确认】按钮。

单击刀路参数图标，则会弹出钻孔加工参数，各项参数的设定如图 2-158 所示。

单击程序管理器上的【设定机床参数】图标，则会弹出机床加工参数，各项机床加工参数的设定如图 2-159 所示。

单击【保存并计算】图标，完成刀路轨迹的计算，结果如图 2-160 所示。

（2）创建直径为 10 孔的最终加工程序　单击上面编制的程序并单击右键选择【复制】命令，再单击右键选择【粘贴】命令，则可以在上面创建的程序复制出一个程序，双击复制的程序，在出现的程序编辑界面选择【刀具】按钮，选择直径为 10 的钻头，并单击【确认】按钮，如图 2-161 所示。

单击【保存并计算】图标，完成刀路轨迹的计算。

单击【导航器】图标，并单击【播放】按钮，则可以对最后这个程序进行查看，如图 2-162所示，可以发现已经加工到位，退出导航器界面，单击工具条【保存】按钮，保存练习文件。

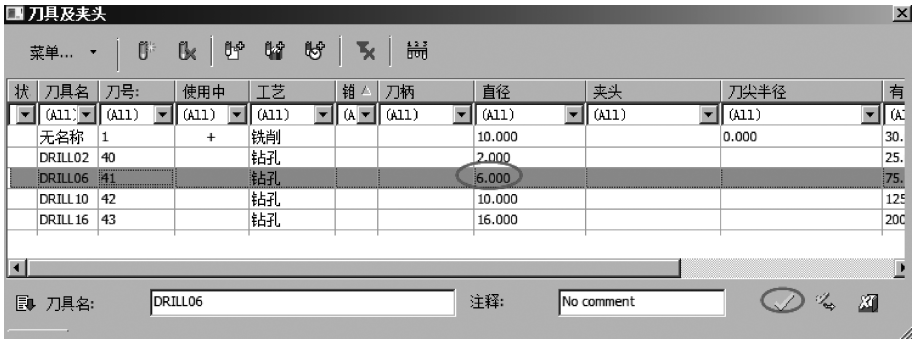


图 2-157　选择直径为 6 的钻头

图 2-158　钻孔加工参数

图 2-159　机床加工参数

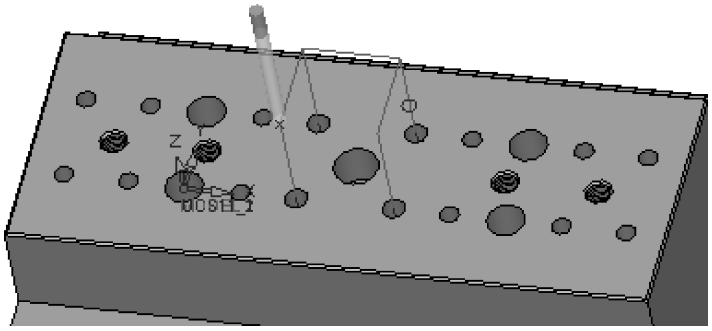


图 2-160　深孔逐进钻的加工轨迹

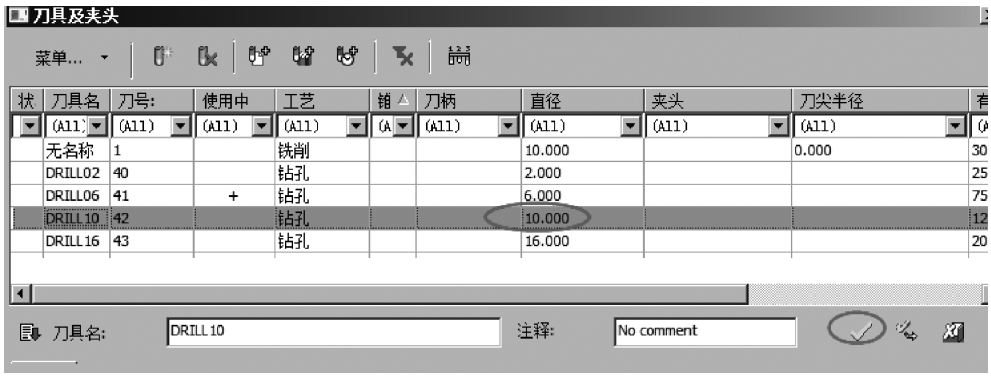


图 2-161　选择直径 10 的钻头

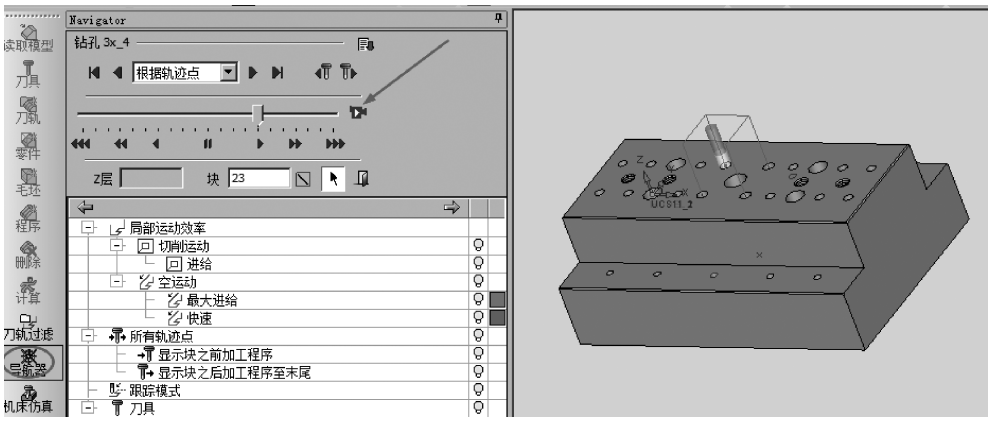


图 2-162　使用导航器查看钻孔加工刀路轨迹

（3）使用【自动钻孔-三轴】编制其他孔的加工程序　单击 NC 向导条上的创建【程序】图标，在弹出的窗口选择【钻孔】策略，在子选择下面选择【自动钻孔-三轴】加工工艺，如图 2-163 所示。

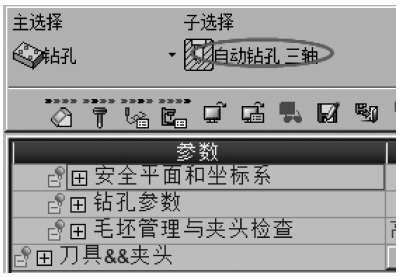


图 2-163　选择自动钻孔工艺

单击左侧的【组管理器】图标，框选整个零件，此时零件上所有孔都被选中，分别单击上面编制过的 4 个孔的圆柱面，取消这 4 个孔的选择，如图 2-164 所示，单击【确认】按钮。

进行上面的操作，系统根据孔的属性自动分成了 5 个组，如图 2-165 所示。

单击窗口左侧【自动选择工艺】图标，在弹出对话框选择【确认】按钮，如图 2-166所示，系统会自动对孔自动从工艺库选择合适的加工工艺，并出现图 2-167 所示的提示，单击【确定】按钮。

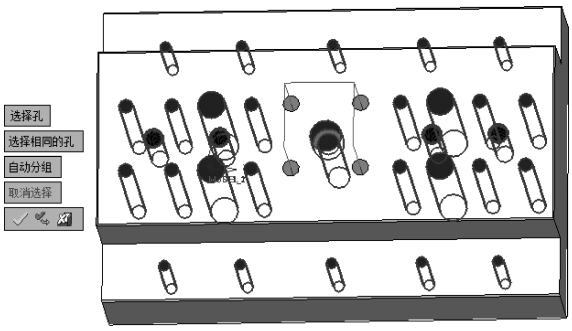


图 2-164　对加工的孔自动分组

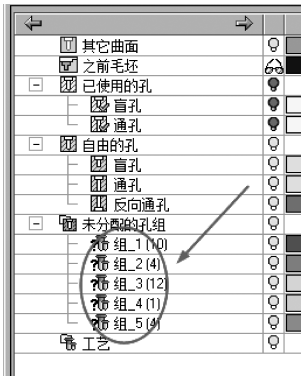


图 2-165　孔被自动分成了 5 组

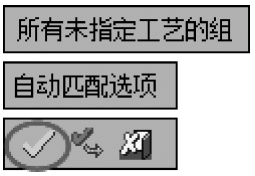


图 2-166　自动选择加工工艺

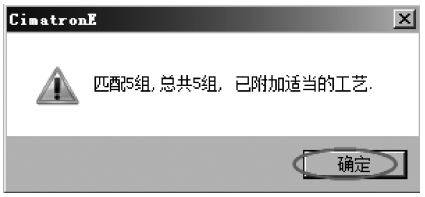


图 2-167　提示已经选择合适工艺

在空白处单击右键选择【保存并前台计算】命令，完成所有加工孔的刀路轨迹的计算，如图 2-168 所示，至此程序已经编制完毕，请保存文件。

下面介绍如何查看、编辑和保存自动钻孔生成的加工工艺。双击自动钻孔程序，并在箭头所示的位置单击右键，选择修改工艺，可以查看结果，螺纹不通孔使用了中心钻、钻头、平底刀（加工底部）、丝锥和倒角刀 5 把刀具。

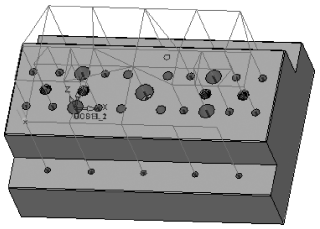


图 2-168　孔的刀路轨迹

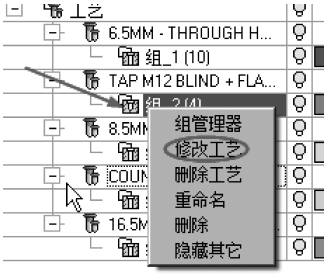


图 2-169　查看/编辑工艺

图 2-170　螺纹孔（不通孔）加工使用的刀具

当不打算使用自动生成的加工工艺，比如使用直径小一点的平底刀通过铣轮廓方式加工底部，可以在编辑窗口的刀路参数上进行手动修改，如图 2-171 所示，然后重新计算即可。如果打算把自定制的工艺保存到工艺库供备用，可以单击窗口中的【保存顺序】图标。

编辑孔的加工工艺还可以通过【载入顺序】命令从标准库里选择。

7. **模拟程序**

单击程序管理器上第一行（TP 名称所在的位置），再单击 NC 向导条上的图标，打开“机床仿真”窗口，选择【标准】模拟方式，勾选【材料去除】选项，单击【确认】按钮，进入到模拟环境。

图 2-171　手动编辑程序

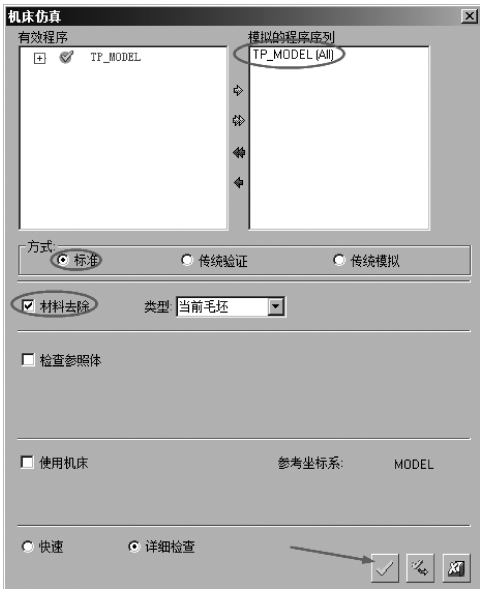


图 2-172　机床仿真设置

单击窗口工具条上开始模拟按钮，模拟结果如图 2-173 所示。

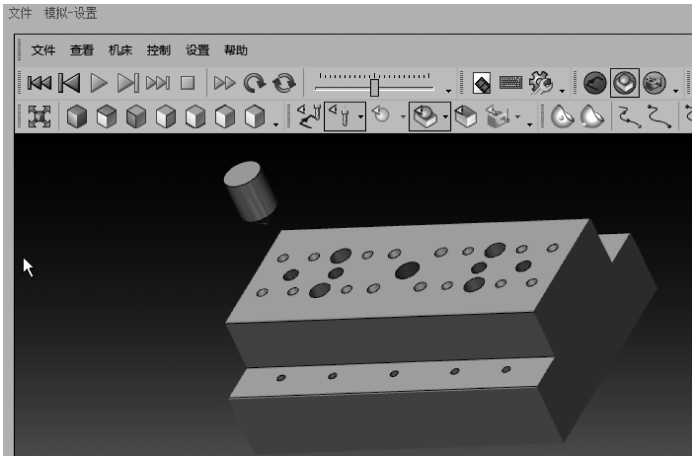


图 2-173　所有孔加工的模拟结果

8. **生成机床代码-后处理**

在 NC 向导条上单击【后处理】图标，并勾选【完成后打开输出的文件】，单击【确定】按钮，生成的部分代码如图 2-174 所示。

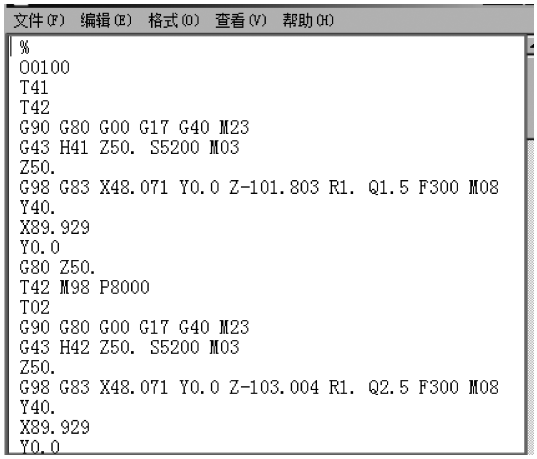


图 2-174　钻孔的部分 G 代码

请再次保存 NC 文件，至此练习完毕。

第3章 3轴加工策略介绍和实践

3.1 3 轴加工概述

CimatronE 的 3 轴加工包含了 2.5 轴加工的高级加工策略，可以提供三个直线坐标轴的联动加工，其主要特点是：

（1）加工策略丰富　提供粗加工、精加工、清根、局部加工等策略，并提供多种加工工艺，功能强大。

（2）基于毛坯的粗加工　粗加工刀路总是基于毛坯的计算，下面程序会继承上面的毛坯结果，刀路轨迹总是在有毛坯的地方生成，不产生空切刀路，对于开放区域，粗加工时总是从外部下刀。粗加工具有独一无二的快速预览技术，可以不通过计算就可以快速得到编程结果，编程效率高。

（3）基于斜率分许技术　可以把零件按照曲面斜率分成两部分，一部分是平缓区域，另一部分是陡峭区域。对于平缓区域采用沿面加工，陡峭区域可以采用 Z 向降层加工（层切）。根据零件特点，编程人员可以使用一个程序对零件整体精加工，也可以分开两个程序精加工。

（4）自动清根技术　系统自动侦探上把刀具未加工的区域，并根据编程者提供的较前一把刀具直径小的刀具计算出优化的刀路轨迹，对于余料较大的部分，清根时将采用多层加工来避免断刀。

（5）独一无二的微铣削技术　可以加工精度要求高的微小零件，粗加工可以识别更小的毛坯，为精加工提供均一的留量，刀具直径可以小到 0.1mm，加工精度可以达到 0.0001mm。

（6）强大的高速加工工艺　提供摆线加工、圆角连接、粗加工余量均匀加层技术、精加工遇到大载荷自动分层技术等。

（7）丰富的局部处理技术　对于个别区域的加工软件提供了很多工艺，比如直纹面、零件面、瞄准面以及强大的局部 3 轴操作。

（8）提供强大仿真模拟　提供实体加工模拟过程，方便地检查过切和碰撞，对加工结

果可以精确地比对。

CimatronE 的 3 轴加工策略可以加工带有复杂曲面的零件，在当今工、模具行业中已经是家喻户晓。CimatronE 以高效、安全的刀具路径闻名于制造业，在全国数控大赛中也多次被指定为参赛软件。目前国内很多高职院校把 CimatronE 作为必修课程，由于该软件具有易学易用的特点，得到了老师和学生的爱戴。

3.2 常用 3 轴加工策略汇总

当在编程环境下创建了一个 3 轴的刀轨（TP），再单击向导条上的【程序】按钮，则可以在弹出的窗口查看 3 轴的加工策略和每个策略下的工艺选项，如图 3-1 所示。

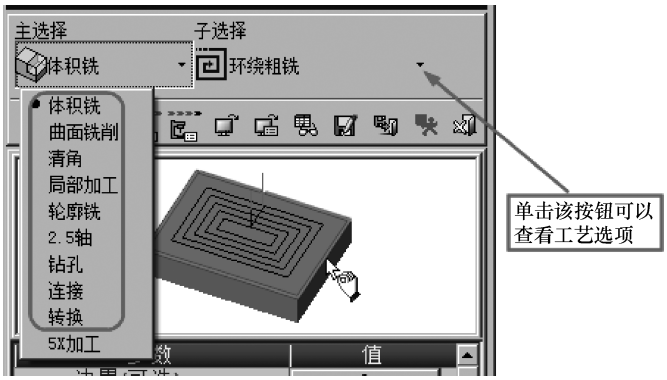


图 3-1　3 轴加工策略和工艺选项

常用 3 轴加工策略和工艺选项见表 3-1。

表 3-1　常用 3 轴加工策略和工艺选项

加工策略	工艺选项	实际用途	加工特点	备　注
体积铣	环绕粗铣	用于对毛坯比较大的零件进行粗加工，一般是用于零件加工的第一个阶段，它为后面的半精加工或精加工作准备	1. 用层降办法进行加工 2. 加工开放零件，刀具自动会从外部下刀；加工封闭区域，采用螺旋或者斜线下刀 3. Z 方向深切削时，可以进行在层间增加程序以保障留量的均匀 4. 可以在不同的曲面留出不同的加工余量 5. 不需要经过计算就可以查看粗加工结果 6. 刀具在遇到拐角时会自动调整加、减速 7. 整个加工过程具有防止碰撞和干涉的能力 8. 生成的是环绕形式的刀路轨迹	需要做出合适的毛坯，通过毛坯优化刀路，好处是高效、安全
	平行粗铣		和上面相比，除了它生成的是平行形式的刀路轨迹、可以指定切削角度外，其余的特点同上	

（续）

加工策略	工艺选项	实际用途	加工特点	备　注
体积铣	二粗	用于对上个程序没加工到的角落剩余的毛坯进行再加工，最终的目的是给半精加工或者精加工留出均匀的加工余量	系统自动搜索上个程序没加工到的区域的剩余毛坯，并采用安全的、光顺的路径对此区域进行加工	继承上次剩余毛坯，支持高速加工，和前两个选项相比，开粗时不能做层间铣削
曲面铣削	精铣所有	用来对零件进行半精加工或者精加工。对于有些零件，“精铣所有”可以完成零件的最后铣削加工，而对于复杂的零件，其后面要有清角程序	具有针对不同零件的多种加工方式：环切、平行切削、3D步距、螺旋、层，可以通过曲面的表面粗糙度要求产生理想的刀路轨迹，具有高级行间铣削策略，保证优质的加工质量	层和螺旋加工的是零件陡峭区域，其余3项是对零件的整个面进行加工，非常适合对所有面都是缓面的零件加工
	根据角度精铣		采用斜率分析技术，把零件分成陡峭和平缓两个区域。陡峭区域可以采取层、螺旋或者插铣加工方式；平缓区域采用环切、平行切削和3D步距加工方式。如果加工条件允许，可以用一个程序把零件精加工到位	适合具有陡峭和缓面零件的整体加工，此加工策略具有非常实用的高速加工选项
	精铣水平区域	用来对水平区域的精加工	具有环切和平行切的加工方式，采用圆弧进、退刀，系统具有自动识别零件上所有的水平区域的能力	具有非常实用的高速加工选项
清角	清根	用来精加工零件的角落区域	采用斜率分析技术，把零件的所有角落分成陡峭和平缓两个区域，可以生成以下4种形式的轨迹：分割水平/垂直、全部随形、仅平坦、仅陡峭。对于毛坯剩余比较大的角落，系统可以使用分层铣削，避免断刀	编程时要输入上一把刀具的直径，系统参照此刀具直径来计算轨迹
	笔试	用来精加工零件的角落区域	可以在零件的尖角或者半径小于刀具半径的区域生成一条或者多条刀路轨迹，轨迹简洁，用来清除掉角落的剩余毛坯，加工效率比较高	不需要输入上把刀具直径
局部铣	瞄准曲面-三轴	应用于对零件局部的精加工，常用于加工含有很多小三角面片的零件加工	加工对象有三种曲面：零件曲面、检查曲面和目标曲面。由目标曲面决定加工范围和路径形状，步进方式有三种：根据残留高度、根据行数和依最大2D侧向步距	
	零件曲面-三轴	应用于对零件局部的精加工，比如零件上的平面或者圆角面	加工对象有零件曲面和检查曲面，步进方式有三种：根据残留高度、根据行数和依最大2D侧向步距	

（续）

加工策略	工艺选项	实际用途	加工特点	备　注
局部铣	直纹面-三轴	应用于对零件直纹面的精加工	加工对象有上、下轮廓，由轮廓决定加工轨迹的范围和方向，步进方式有两种：根据残留高度和根据行数	—
	局部-三轴	应用于对零件局部的精加工，可以完成以上三种局部加工的任务	路径形式有平行铣、两曲线之间仿形、沿曲线切削、两曲面之间仿行、曲线投影、平行于曲线铣和平行于曲面铣，进、退刀和路径连接选项丰富，具有强大的防止干涉能力	功能非常强大，编程灵活，应用范围广
转换（程序）	复制	用来复制程序	通过点对点或者坐标系对坐标系方式进行复制	减少编程时间
	复制阵列	用来复制程序	可以通过X、Y轴方向阵列或者以旋转方式进行阵列复制程序	
	镜像复制	用来复制程序	按照某一条线或者平面进行镜像复制程序	
	移动	用来移动程序	通过点或者坐标系对程序进行移动程序	—
	镜像移动	用来移动程序	按照某一条线或者平面进行镜像移动程序	—

3.3　3轴加工对象汇总

3轴加工对象和2.5轴有很大不同，3轴加工大部分策略的加工对象必须有面，可以不选择轮廓，不能对二维零件进行编程；而2.5轴必须选择轮廓，但不需要选择面，2.5轴可以直接对二维零件进行编程。

3轴加工对象的选择也是在零件窗口下进行，如图3-2所示。下面对3轴常见的加工对象进行汇总。

1. 边界

边界用来确定加工范围，如图3-3所示，外面粗实线是加工选中的边界，刀具位置设定在边界上，零件曲面已经全部选择，经过计算刀路轨迹出现在轮廓里面。注意：边界必须封闭，边界互相间可以嵌套，一个程序可以选择多个边界。

图3-2　选择加工对象

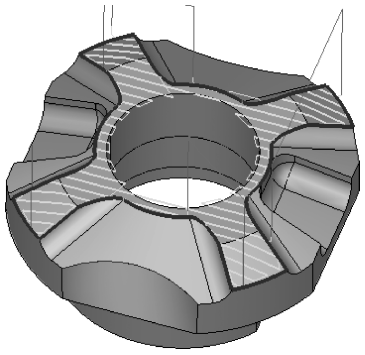


图3-3　轮廓限制加工范围

2. 尖锐边缘

在精加工里它是用来保护零件上的尖锐边的，如果不选择尖锐边缘，则加工的结果可能在棱边处倒出一个小圆角，尖锐边缘的选择在电极加工中会经常用到，注意只有在精加工【根据角度精铣】或者【精铣所有】才会出现这个选项。

3. 零件曲面

它是确定加工区域的，刀具将在选择的零件面上进行加工，如图 3-4 所示，选择了图中箭头所示的 3 张面，程序的计算结果如图 3-5 所示。

在体积铣、曲面铣和清根加工策略里是必须要选择的，如果需要进一步控制加工范围，可以选择边界进行控制，曲面的选择方法请见第 1 章有关编程子菜单的介绍。

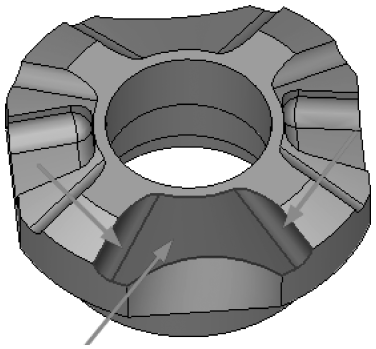


图 3-4　选择零件曲面

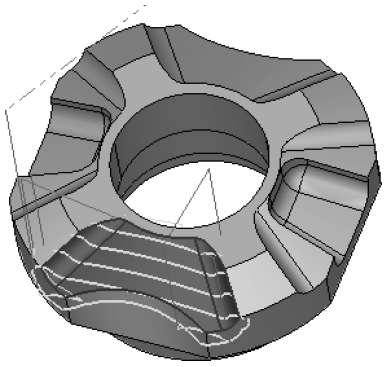


图 3-5　零件曲面限定加工区域

4. 检查曲面

检查曲面也可以说是保护面，选择检查面可以避免刀具加工这些面，例如图 3-5 加工时已经过切了三张面，当把过切面选择为检查面（如图 3-6 箭头所示），再经过计算可以发现没有过切现象产生，检查面可以在加工模型上选择也可以在其他零件上比如夹具上选择，不是必选项。

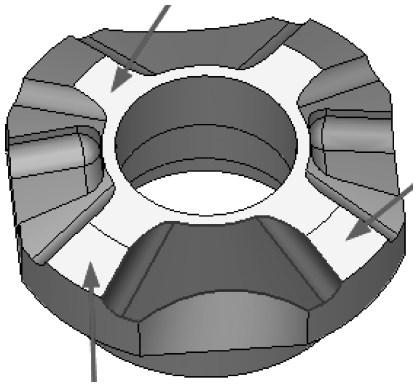


图 3-6　选择检查面

5. 目标曲面

目标曲面同样是用来控制加工区域的，系统会沿着 Z 轴把在目标曲面上生成的刀路轨迹

投影到零件曲面上，如图 3-7 所示。它仅在【瞄准曲面】加工工艺里有这个选项，目标曲面只能通过手动拾取方式进行选择。

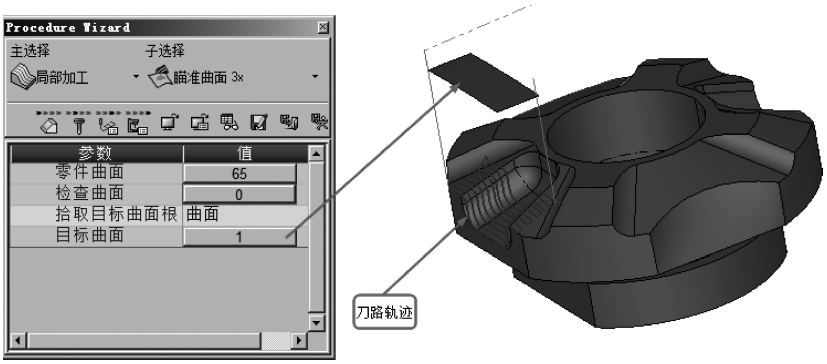


图 3-7　目标曲面的应用

6. 轮廓

它决定了刀具的加工位置，和 2.5 轴一样，轮廓可以是封闭的也可以是开放的，如图 3-8所示，箭头指示了选择的轮廓和零件曲面，计算结果的将在轮廓上生成加工轨迹，轮廓铣削或者直纹面加工选项需要选择轮廓。

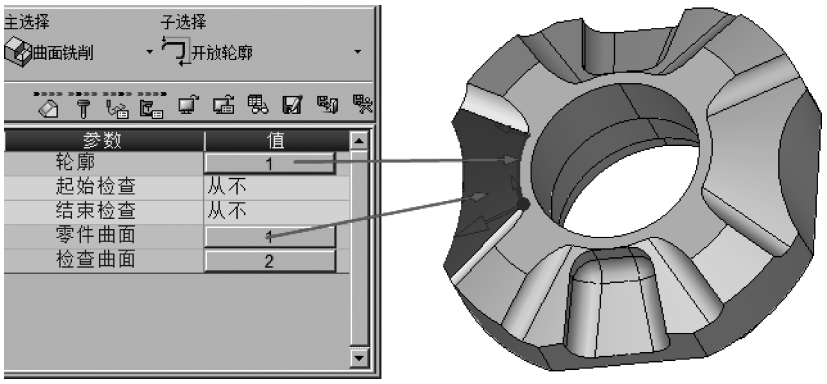


图 3-8　轮廓的应用

以上是常见的加工对象，选择的加工策略不同，可供选择的加工对象也不同，而且有些加工对象不是必选项，比如粗加工的加工边界很多时候是可以不选择，编程者应该根据情况灵活应用。

3.4　3 轴体积铣加工参数介绍

和 2.5 轴一样，3 轴体积铣加工参数包括刀路参数和机床参数，图 3-9 所示是其刀路参数，图 3-10 所示是其机床参数。

图 3-9　体积铣刀路参数

图 3-10　体积铣机床参数

3.4.1　体积铣刀路参数

这里以体积铣-环绕粗铣为例介绍编程时所涉及的刀路参数（见图 3-9），这里不再介绍和 2.5 轴相同的参数。

1. 安全平面和坐标系

这里面的参数和 2.5 轴是一样的，请参考 2.5 节粗加工参数部分。

2. 进刀和退刀点

（1）进入方式　控制刀具在开始加工时是如何进入工件的。

1）优化：系统自动寻找能缩短加工时间的进刀点。

2）用长度：定义一个最大长度来寻找一个有效的空切点。

3）不插入：刀具以水平运动进入到加工部位，封闭的区域将不加工，此时系统将螺旋角设置为 0°，这样的进刀可以保护端部带有盲区的刀具。

4）钻孔：进刀总是以钻孔运动形式来完成，封闭区域也将被加工，此时系统将螺旋角设置为 90°。

（2）进刀角度　当进刀方式选择【优化】和【用长度】时此参数才会出现，它用来控制刀具进刀时的螺旋角度。

（3）最大进入长度　当进刀方式选择【用长度】时此参数才会出现，定义的是最大进入长度，默认值是刀具直径的 2 倍。

（4）盲区　此参数用来控制刀具不加工较小的区域，起到保护当前刀具的作用，实际它是指轨迹的尺寸，而非几何尺寸，相当于 2.5 轴参数里介绍的【最小切削宽度】。

（5）最大螺旋半径　当进刀方式选择“优化”和“用长度”时，此参数才会出现，用来控制刀具下刀时的螺旋半径。

（6）直连接距离　控制两个路径之间的连接方式。当两个路径之间的距离大于此值时，刀具将抬起到安全高度（或者增量高度）进行连接，如图 3-11 所示，此时刀具抬起后将快速运动（G00）到下一个路径，当两个路径之间的距离小于此值时，刀具将从当前路径抬起

一小段距离后以进给运动（G01）到下一个路径，如图 3-12 所示，一般来讲，后者的加工时间比较长。

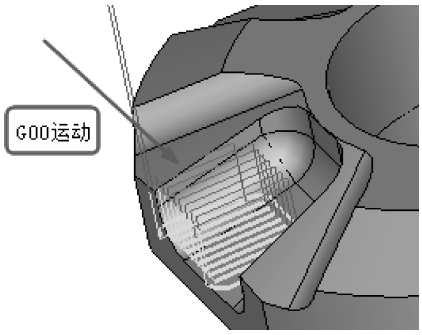


图 3-11　路径距离大于直连接距离

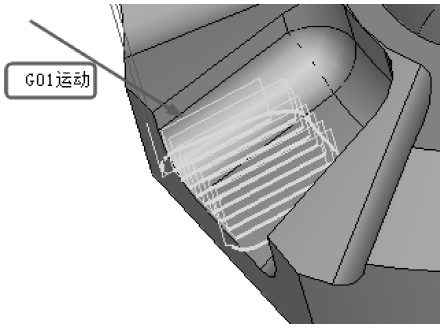


图 3-12　路径距离小于直连接距离

（7）毛坯外进刀　默认是勾选的，对于加工开放区域，刀具是从毛坯外部切入工件的，这样可以提高刀具的寿命。

3. 边界设置

（1）支持嵌套轮廓　勾选可以支持多个具有嵌套关系的轮廓加工，一般在轮廓管理器进行设置。图 3-13 是勾选的情形，选择了 4 个轮廓都是有效的，图 3-14 是不勾选的情形，显示里面两个轮廓是无效的。

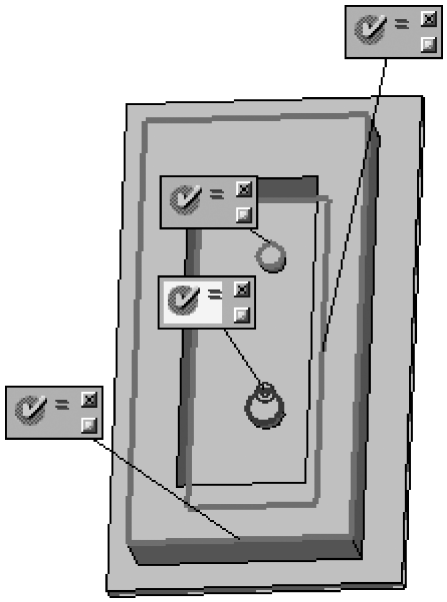


图 3-13　支持嵌套关系

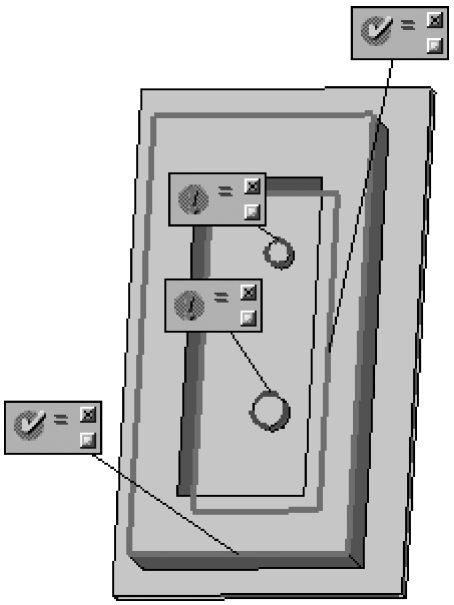


图 3-14　不支持嵌套关系

（2）轮廓偏移　同 2.5 轴的轮廓偏移，可以对加工的区域放大或者缩小。

4. 公差 && 余量

有【基本】和【高级】两个选项。【基本】是对所有加工面设置相同的余量，【高级】可以对水平面和非水平面设置不同的余量，以适应实际的加工需求。

（1）加工曲面余量　在选择【基本】选项时此参数可用，用来设定加工曲面的留量，可以最多为6组面设定不同的加工余量。

（2）加工曲面侧壁余量　在选择【高级】选项时此参数可用，用来设定非水平区域的加工余量。

（3）加工曲面底面余量　在选择【高级】选项时此参数可用，用来设定水平区域的加工余量。

（4）逼近方式　当曲面留量使用【高级】模式时，此参数才会出现，它有【根据精度】和【根据精度+长度】两个选项，【根据精度】是根据设置的【曲面公差】来逼近理论模型，用于不太平坦的曲面加工，【根据精度+长度】是根据设置的【曲面公差】和【最大三角片长度】来逼近理论模型，用于比较平坦的曲面加工。

（5）最大三角面片长度　用于控制加工精度的参数，当【逼近方式】选择【根据精度+长度】选项时会出现这个参数。

（6）曲面公差　允许加工偏离实际曲面的最大值，如图3-15所示，类似2.5轴的轮廓精度。

（7）最大轮廓间隙　对于选择加工轮廓有效，当轮廓间隙大于此值时该轮廓将不被选中，它和管理器上的轮廓间隙是对应的。

5. 电极加工

在加工电极会用到，当勾选此选项时，可以激活以下两个参数：

（1）2D平动　设定平动放电形式的火花间隙，如图3-16所示，要求输入正值。

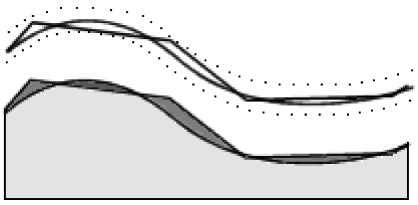


图3-15　曲面公差

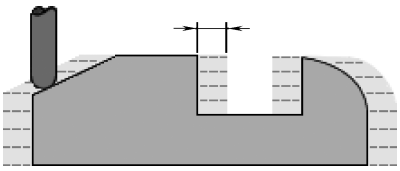


图3-16　2D平动间隙

（2）火花间隙/3D偏移量　设定3D放电形式的火花间隙，沿着电极面的法向偏移，要求输入正值。

6. 刀路轨迹

（1）计算　用来控制在编制粗加工程序时系统生成刀路轨迹的算法。

1）优化：系统首先采用高精度的计算方法，如果垂直步进小于当前刀具圆角半径的1/15或者毛坯高度定义500倍的垂直步进时，系统将采取【更快的计算】方法。

2）高精度：此选项可以使毛坯计算得更精确，亦可使刀路轨迹更光顺，直接结果是减少加工时间，提高刀具寿命，是默认的算法。

3）更快的算法：是中等精度计算毛坯的算法，程序计算时间比高精度计算短，当使用这个算法时，在毛坯管理与夹头检查一栏里不会出现【最小毛坯宽度】选项。

（2）切削方向　控制刀具的加工方式，共有5个选项，其中顺铣、逆铣和混合铣等同于2.5轴，3轴里多了两个选项：混合铣+顺铣边和混合铣+逆铣边。

1）混合铣+顺铣边：粗加工使用混合铣，在半精加工侧壁时采用顺铣方式。

2）混合铣 + 逆铣边：粗加工使用混合铣，在半精加工侧壁时采用逆铣方式。

（3）策略　用来定义是否采用毛坯环切、从内到外还是从外到内等加工策略，可以自动优化也可以手动控制。

1）优化：系统自动定义加工过程中使用的策略。

2）用户定义：用户来定义程序计算所使用的策略，包括毛坯环切选项、从内到外还是从外到内等加工策略，如图 3-17 所示，如果选择多个策略，系统将会识别更合适的策略并应用到程序里。

图 3-17　用户定义策略

（4）垂直步进类型　定义垂直步进的方式，包括固定、可变、固定 + 水平面、精铣水平面 4 种方式。

1）固定：刀具以固定的 Z 向步距加工各个层，如图 3-18 所示，这种步距类型有时候不能保证零件底部留到合适的余量。

2）可变：系统优化 Z 方向的加工步距，步距大小介于设定的最大和最小垂直步距之间，步距不固定，可以在所有的水平面上得到所设定的加工余量，如图 3-19 所示。

3）固定 + 水平面：开始刀具以固定 Z 向步距进行加工，最后接近水平区域时会根据额外的设定值（忽略平面上的余量）自动调整步距大小，如图 3-20 所示。这种类型不但可以保证水平面上的加工余量，而且还能减少加工层数，节约加工时间。

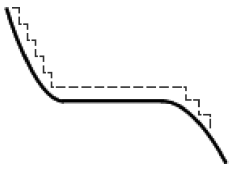


图 3-18　固定步进类型

图 3-19　可变步进类型

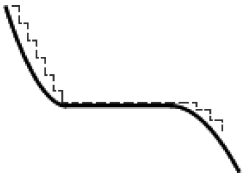


图 3-20　固定 + 水平面步进类型

4）精铣水平面：只有在预设置里设定才能出现此参数，具体设定如图 3-21 所示，它只是加工水平区域，没有垂直步距出现，但在进刀和退刀点一栏会出现增量 Z 值参数。

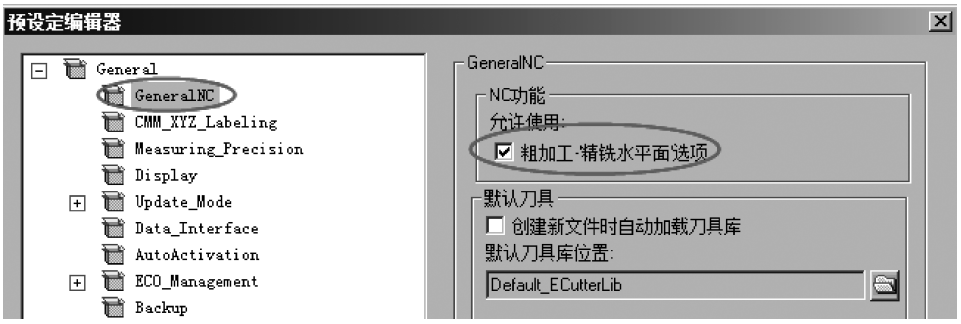


图 3-21　设定粗加工-精铣水平面选项

（5）固定垂直步距　设定在 Z 方向两个相邻加工层之间的距离。

（6）侧向步距　设定两个相邻刀路轨迹之间的侧向距离。在粗加工里，侧向步距是同一水平面上相邻刀路轨迹间的距离。

（7）真环切　勾选可以生成螺旋线式的刀路轨迹，偏移之间的路径没有连接，如图3-22所示，而环切偏移之间的路径有明显的连接，如图3-23所示。

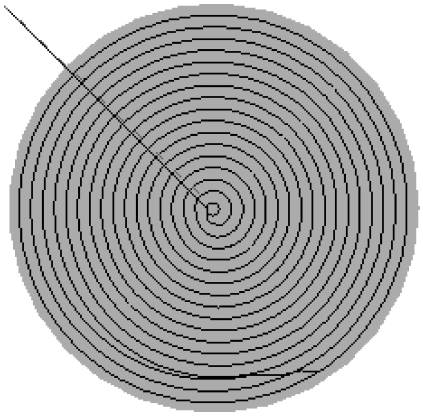


图3-22　真环切刀路轨迹

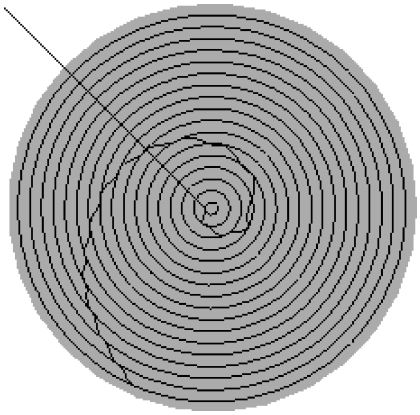


图3-23　环切刀路轨迹

（8）半精加工　增加额外的刀路轨迹以改善加工区域边界的加工质量，有【从不】和【所有周围】选项。【从不】表示不增加额外的刀路轨迹，【所有周围】是在零件面的周边增加半精加工轨迹，这样的好处是在加工到零件面时刀具以较少的切削量进行加工，能得到很好的加工效果，但加工时间会增加一些，如图3-24所示是加工凸模的轨迹，它使用了【所有周围】选项，里面多了一层轨迹，而图3-25所示是从不增加半精加工轨迹的情形，少了一条轨迹。

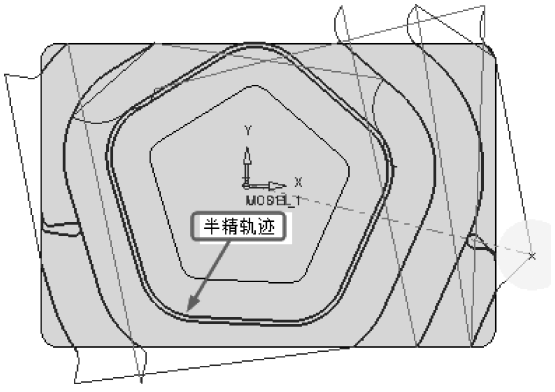


图3-24　半精加工-所有周围选项

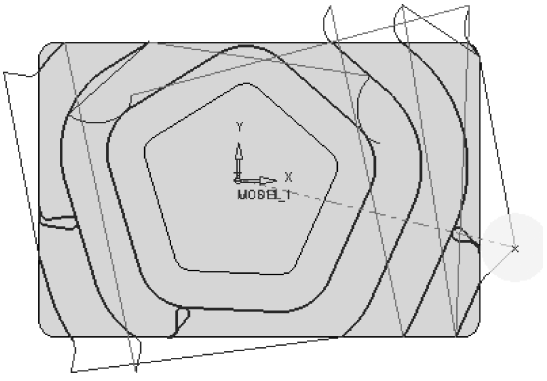


图3-25　半精加工-从不

（9）为半精轨迹留余量　只有选择上面的【所有周围】选项时此参数才会出现，用来给当前程序加工侧壁留出的半精加工余量，此参数和最终给侧壁留出的加工余量无关。

（10）忽略平面上的余量　当【垂直步进类型】选择【固定+水平面】选项时才会出现此参数。选择它则可以通过【Z向余量】参数删除水平区域上“多余”的刀路轨迹，“多余”的刀路轨迹指的是切削量相对很小而又不影响精加工的轨迹，勾选可以减少加工时间。

（11）Z向余量　当勾选【忽略平面上的余量】时此参数才能出现。如果水平面剩余毛坯厚度小于该值加上曲面余量的和时将不再生成刀路轨迹，比如给水平区域留量设置为0.75，【固定垂直步距】设置为1，【Z向余量】设置为0.05，当粗加工到水平面还有0.8（也就是0.75+0.05）以下的余量时将不再产生刀路轨迹。

（12）加工顺序　有【层】和【区域】选项，【层】指的是刀具在加工不同区域时按照同一层加工，抬刀比较多，但能保证同一层上的加工质量，如图3-26所示；【区域】是按照区域进行加工，加工完一个区域再去加工另一个区域，抬刀比较少，如图3-27所示。

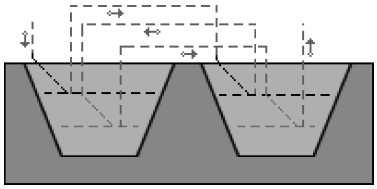


图3-26　层加工顺序

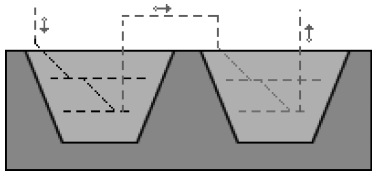


图3-27　区域加工顺序

7. Z值限制

用来限制加工高度，在加工深腔零件时或者断刀再接续加工时会用到，有以下几个选项：

（1）无　不限制加工高度。

（2）仅顶部　限制顶部加工，此时会出现【Z最高点】参数，系统会把【Z最高点】以上的轨迹删除掉。

（3）仅底部　限制底部加工，此时会出现【Z最低点】参数，系统会把【Z最低点】以下的轨迹删除掉。

（4）顶部和底部　限制顶部和底部加工，此时会出现【Z最高点】和【Z最低点】参数，系统只是加工【Z最高点】和【Z最低点】之间的部分。

（5）Z-顶部之上检查毛坯　在控制顶部加工时才会出现这个参数，当勾选这个选项时，系统在检查Z-顶部之上是否有毛坯，有毛坯时则会停止计算，也就是说如果打算删除掉Z值以上的轨迹，必须保证Z值上面毛坯已经不存在。

8. 层间铣削

在Z向深切削时，打开层间铣削可以在主切削层之间增加半精加工轨迹，目的是粗加工完毕后不会在斜处留下大的残料，为半精加工或者精加工留出均匀的余量。有3个选项：

（1）无　不在主切削层之间加额外的轨迹，如图3-28所示。

（2）基本　在主切削层之间增加刀路轨迹，如图3-29所示，是在斜面处主切削层之间增加了几条轨迹，它使用【残料台阶最大宽度】参数控制层间轨迹增加的多少，尺寸越小，增加的层数越多，台阶处的余量越均匀。

（3）高级　可以采用【粗加工】或者【精加工】工艺对大的台阶进行再加工，台阶大就采用粗加工工艺，台阶小就采用精加工工艺。高级选项里有一个参数是【层顺序】，其后有两个加工顺序可以选择，一个是从下到上加工，一个是从上到下加工。

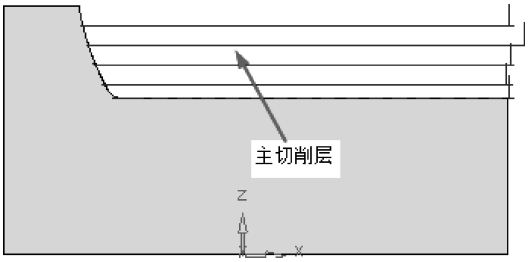


图 3-28　主切削层没增加轨迹

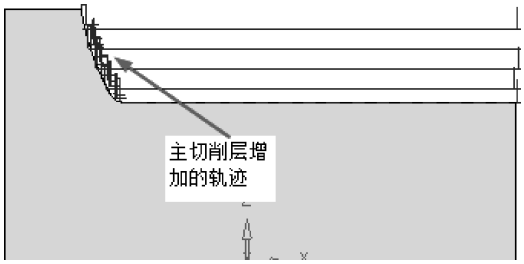


图 3-29　主切削层增加轨迹

9. 高速铣

高速铣指的是以较小的 Z 向步距、高的转速和进给加工零件，它加工效率高，可以用较小的刀具加工零件，以减少电极数量，也可以用硬质合金加工比较硬的零件，在企业里用得相当广泛。

（1）无　不采用高速加工，在直角弯处生成的刀路轨迹是尖角，如图 3-30 所示。

（2）基本　打开此选项，在直角弯处生成的刀路轨迹是圆角，系统可以使用【刀轨角落半径】参数控制圆角的大小，如图 3-31 所示。

（3）高级　采用高级的加工方式，可以得到更多的加工参数。

1）摆线：勾选它可以使刀具以摆线进行加工。在开始加工槽时如果使用摆线加工，可以让刀具以正常的进给进行加工，避免满刀刃进行切削，提高刀具寿命，如图 3-32 所示是摆线加工的轨迹。

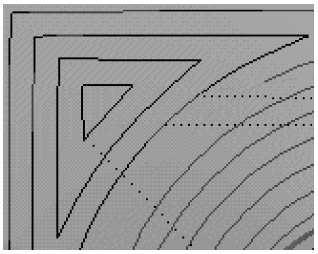


图 3-30　高速加工（无）

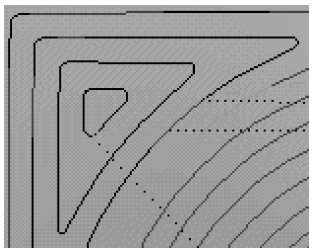


图 3-31　高速加工（基本）

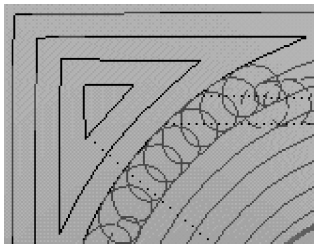


图 3-32　摆线加工（高级）

2）摆线步距：定义摆线移动的步距，如图 3-33 所示，选择摆线加工时此参数才能出现。

3）摆线半径：定义摆线半径，如图 3-34 所示，默认为 0.3 倍的刀具直径，最大可设定为 0.5 倍的刀具直径，最小为 0.001，选择摆线加工时此参数才能出现。

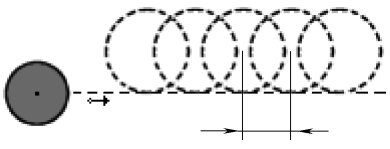


图 3-33　摆线步距

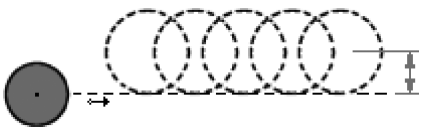


图 3-34　摆线半径

4）多层 Z：当刀具遇到大的载荷时，系统会在 Z 向分几层进行加工，以得到均匀的加工负荷，如图 3-35 所示，勾选有效。

5）快速圆角连接　定义空走刀的圆角连接，如图 3-36 所示。

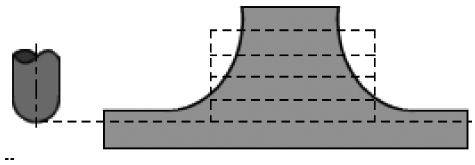


图 3-35　多层 Z 应用

图 3-36　快速圆角连接

6）角部圆角连接：勾选可以使刀具在拐直角弯时走圆角轨迹。

7）刀轨角落半径：控制刀路轨迹在拐弯处圆角的大小，勾选上面的【角落圆角连接】参数时出现，当高速铣选择【基本】方式也会出现这个参数。

8）提刀线角落半径（Minimal Corner Radius）：实际是定义最小拐角半径的大小，最小值可以定义为0，最大值等于上面介绍的刀轨角落半径。

10. 行间铣削

刀具在加工复杂的零件时，在某些路径之间会留下小的未加工区域，如图 3-37 和图 3-38箭头所示，打开行间铣削选项，则可以增加一些刀路轨迹。进一步加工这些未加工区域，会使粗加工后的余量变得均匀，为后续的精加工彻底扫清了障碍。行间铣削有 3 个选项：无、基本和高级。

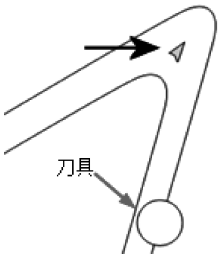


图 3-37　拐角处未加工区域

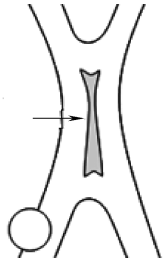


图 3-38　行间未加工区域

（1）无　在行间不增加刀路轨迹，如图 3-39 所示。

（2）基本　系统延伸刀路轨迹到未加工到的区域，如图 3-40 所示。

（3）高级　通过设定更多的参数控制行间铣削，可以得到更理想的刀路轨迹，如图 3-41 所示。

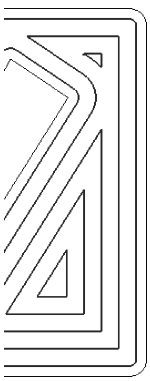


图 3-39　无行间铣削

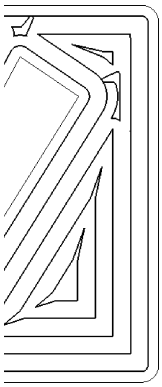


图 3-40　行间铣削（基本）

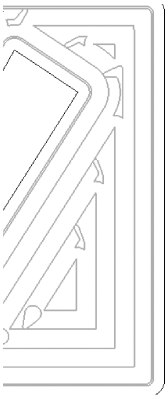


图3-41　行间铣削（高级）

1）行间间隙策略：打开【高级】选项此参数才会出现，其后面有【补刀 & 变轨】、【仅变轨】和【仅补刀】三个选项。【补刀 & 变轨】可以在两条相邻轨迹的间隙处增加轨迹，也可以在轨迹的角落处增加轨迹，如图 3-42 箭头所示；【仅变轨】仅在刀路轨迹的角落处增加刀路轨迹，如图 3-43 箭头所示；【仅补刀】仅在两条相邻轨迹间的间隙处增加轨迹，如图 3-44 箭头所示。

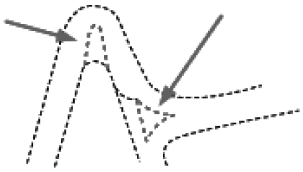


图 3-42　补刀 & 变轨

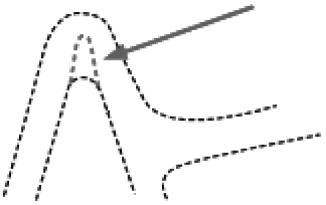


图 3-43　仅变轨

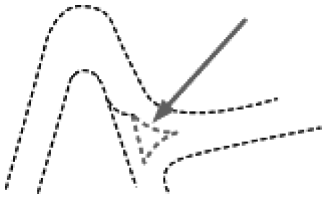


图 3-44　仅补刀

2）圆角延伸：只有在【高速铣】选项和【行间铣削】高级模式同时打开时此参数才会出现，用来控制圆角延伸的大小。

3）覆盖范围半径：控制清理间隙的范围，最小值是 0.6 倍的侧向步距，最大值是 0.99 倍的侧向步距。

4）最小狭窄区域宽度：定义最小不需要增加轨迹的区域宽度，避免不必要的加工，如图 3-45 所示，狭窄区域的宽度小于定义的【最小狭窄区域宽度】，因此没有被加工。

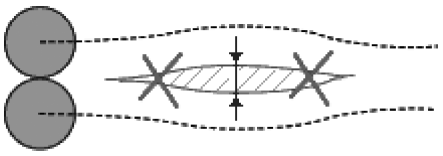


图 3-45　不加工狭窄区域

11. 毛坯管理和夹头检查

用来定义是否更新剩余毛坯以及刀具各个组成部分是否参与程序的干涉检查计算，有【完全】和【高级】选项。

（1）完全　表示系统已经内定了一些参数，比如程序始终会更新毛坯状态，对于经验不足的编程者，这个是最安全的选项，内定的参数可以通过切换到【高级】进行查看。

（2）高级　它可以显示更多的参数，供高级编程者进行调整。

1）通过刀柄/夹头限制：当使用的刀具定义了刀柄或者夹头，则会有【是】和【否-忽略夹头】两个选项。【是】选项表示系统在计算程序轨迹时考虑刀具的夹头和刀柄部分，程序轨迹不会在刀柄或者夹头与工件干涉的地方出现，以防止这两部分和工件干涉，如图3-46所示；【否-忽略夹头】选项表示系统在计算程序轨迹时不考虑夹头和刀柄计算，如图 3-47 所示，可以看出，刀柄和工件发生了干涉。

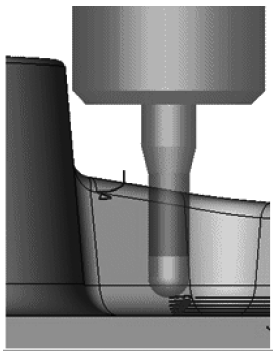


图 3-46　程序考虑夹头计

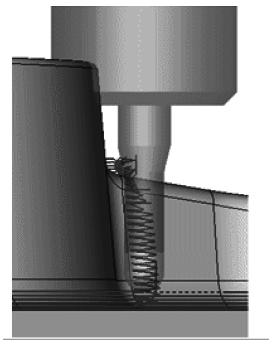


图 3-47　程序不考虑夹头

【提示】：如果确信刀具足够长，可以不考虑刀柄和夹头，以减少程序的计算时间。

2）参与干涉检查：当【通过刀柄/夹头限制】后面的选项为【是】时此参数才能出现，它用来定义刀具的哪个部分参与干涉检查计算，其后有【刀具】【刀柄】【夹头#】3 个选项。【刀具】选项表示刀具的切削刃和刀杆部分用来检查和工件的干涉，而刀柄和夹头用来检查和毛坯的干涉；【刀柄】选项表示刀具的切削刃、刀杆和刀柄部分用来检查和工件的干涉，而刀柄用来检查和毛坯的干涉；【夹头#】选项表示夹头也用来检查和工件的干涉，多级刀柄可以参与计算。

3）Z 轴安全极限：当【参与干涉检查】选择【刀柄】或者【夹头】选项时，此参数会出现，它用来定义夹头或者刀柄在 Z 方向上和工件干涉的安全距离。

4）刀柄放射安全极限：当【参与干涉检查】选择【刀柄】时，此参数会出现，它用来定义刀柄在刀具的径向方向和工件干涉的安全距离。

5）夹头#放射安全极限：当【参与干涉检查】选择【夹头#】时，此参数会出现，它用来定义夹头在刀具的径向方向和工件干涉的安全距离。

6）最小毛坯宽度：设置一个最小的毛坯宽度值，刀具将加工宽度大于这个值的毛坯，而比该值小的毛坯就被忽略掉，在如图 3-48 所示的区域里，假设最小毛坯宽度设定为 d，如果 x2 > d，x1 < d，x3 < d，则 x2 区域将被加工。

7）更新剩余毛坯：选择当前出现是否对毛坯进行更新，默认是选择状态，更新剩余毛坯将对后面程序在选择增量抬刀和进退刀都有影响，因此在选择不更新剩余毛坯时要慎重考虑。

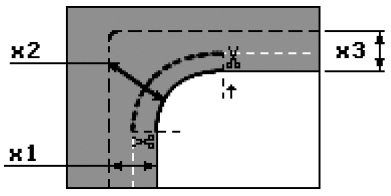


图 3-48　最小毛坯宽度

12. 创建辅助轮廓

在当前程序创建辅助轮廓的目的是为下一个程序所用，这能有效地减少刀具的重复加工，提高加工效率，勾选即可在程序计算完后会输出正确的加工轮廓，创建辅助轮廓一般在精加工或者清根里用得多。

1）集合名称：此参数用来定义输出轮廓的集合名字，输出的轮廓在程序计算完后会自动地出现在集合里。

2）被忽略的区域（盲区）：默认总是勾选状态，允许在刀具未加工的地方生成轮廓。

【提示】：生成的辅助轮廓可以编辑。编辑方法是：切换到 CAD 模式，然后从菜单选择“曲线”→“修改”→“辅助轮廓”，即可进入到编辑环境。

3.4.2 体积铣机床参数

图 3-49 是粗加工中的体积铣机床参数，它和 2.5 轴不同的是多了一个【自适配进给控制】，勾选可以使刀具在走到转弯处时自动降速和加速，减速可以由【减少到（%）】参数控制，比正常切削的速度小，加速可由【增加到（%）】参数控制，比正常速度大，这样设置的好处是减少在加工过程中对刀具的冲击，使加工平稳。

图 3-49 粗加工中的体积铣机床参数

3.5 3 轴曲面铣刀路参数介绍

3 轴曲面铣削包括：精铣所有、根据角度精铣、精铣水平面、开放轮廓、封闭轮廓和传统加工。曲面铣用来精加工，其中的很多参数和体积铣是一样的，下面重点介绍不一样的参数。

3.5.1 精铣所有刀路参数

1. 进刀和退刀点

进刀和退刀点有两个选项，一个是基本，另一个是高级，高级中多出 4 个参数：

（1）首选逼近半径　控制进刀所走圆弧的大小。

（2）优化退刀半径　控制退刀所走圆弧的大小。

（3）进入延伸　把进入的轨迹沿着切向延伸一段距离，如图 3-50 所示。

（4）退出延伸　把退出的轨迹沿着切向延伸一段距离，如图 3-50 所示。

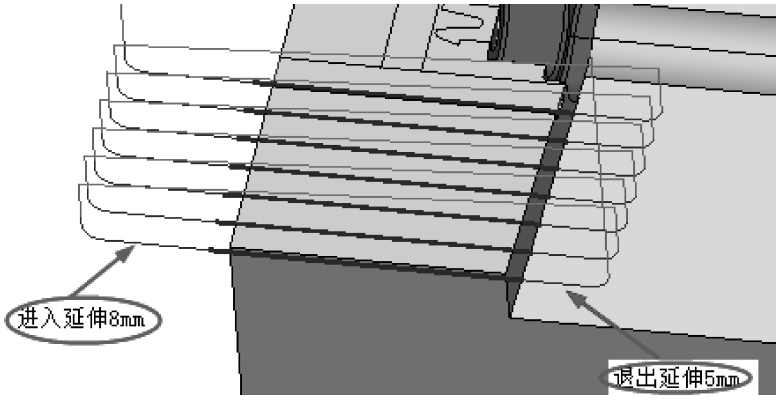


图 3-50 进入延伸和退出延伸的应用

2. 边界设置

在刀具定位（公共的）参数里有一个【接触点】选项，它规定轮廓是通过刀具的切削刃和加工曲面的接触点来限定加工区域的。

如图 3-51 所示的是刀具在加工曲面圆角时采用【接触点】加工，刀具和曲面的接触点在轮廓上，轨迹在轮廓的外部，而图 3-52 所示的是刀具采用【轮廓上】加工，刀具中心总是在轮廓的正上方，轨迹在轮廓的里面，圆角没有加工到位。

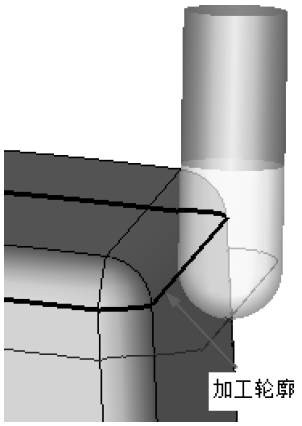


图 3-51　接触点加工

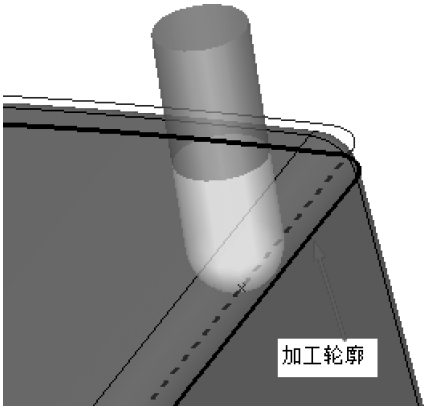


图 3-52　在轮廓上加工

3. 刀路轨迹

刀路轨迹和体积铣有很大的不同，主要体现在加工方式上。“精铣所有”有很多加工方式，如图 3-53 所示，而且加工方式不同，相应的参数也不尽相同。

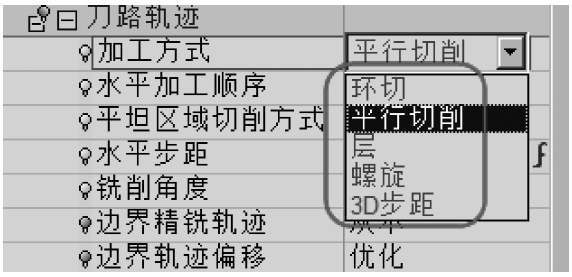


图 3-53　“精铣所有”刀路轨迹

（1）加工方式　加工方式有以下 5 种：

1）环切：刀具以环绕切削的策略进行加工，如图 3-54 所示。

2）平行切削：刀具以平行切削的策略进行加工，如图 3-55 所示。

3）层：使用分层加工策略加工零件的垂直区域，如图 3-56 所示。

4）螺旋：使用螺旋加工策略加工零件的垂直区域，它适用于加工带有陡峭面的凸模或者凹模，尤其适合于某些电极的加工，如图 3-57 所示。

5）3D 步距：3D 步距指的是相邻两个刀路轨迹的空间距离是固定的，如图 3-58 所示。此种加工策略适合于使用一个程序加工带有陡峭面和平缓面的零件。

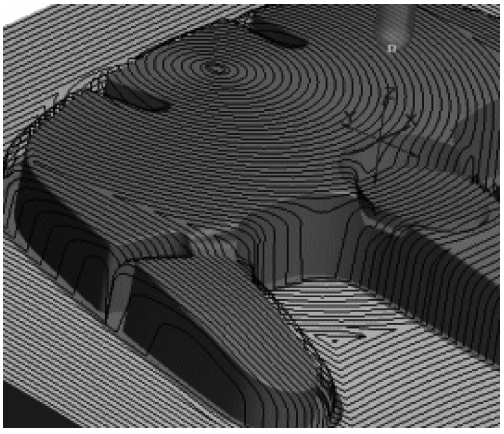


图 3-54　环切加工方式

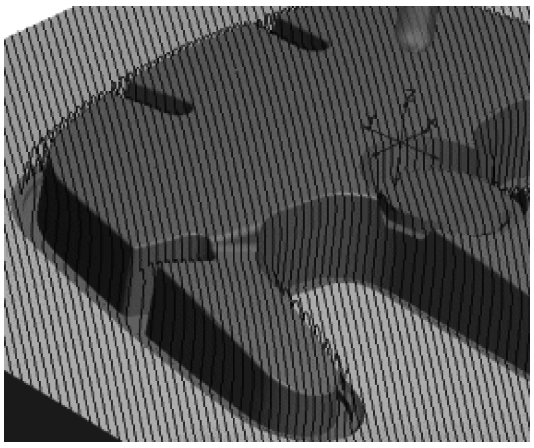


图 3-55　平行加工方式

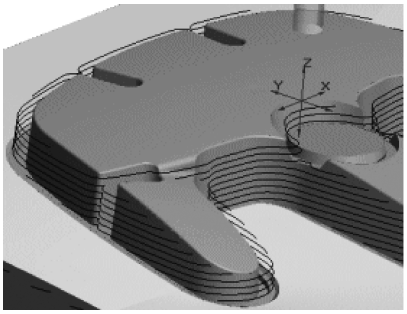


图 3-56　层加工方式

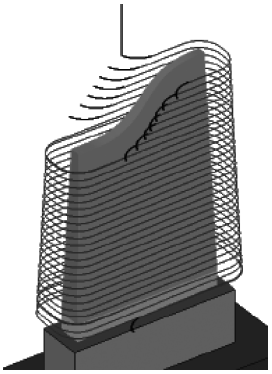


图 3-57　螺旋加工电极

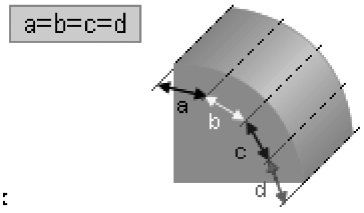


图 3-58　3D 步距

（2）可变垂直步距　当【加工方式】选择【层】或者【螺旋】选项时，此参数才会出现。它允许加工零件时根据零件面的特点采取不同的垂直步距，这样可以在保证零件加工精度的前提下以较短的时间将零件加工完毕。

（3）垂直最大粗糙度　当选择【可变垂直步距】选项时此参数才会出现，是通过输入粗糙度的大小来确定垂直步距。

（4）最大切深选择　当选择【可变垂直步距】选项时此参数才会出现，可控制垂直的最大步距，给定的最大步距值应该考虑刀刃长度和刀具的加工能力。

（5）边界精铣轨迹　当【加工方式】选择【平行切削】选项时此参数才会出现，它有【从不】和【所有周围】两个选项。【从不】指的是不在边界增加精铣轨迹，如图 3-59 所示；【所有周围】指的是在边界增加精铣轨迹，如图 3-60 箭头所示，这样加工的效果更好一些。

（6）边界轨迹偏移　当【加工方式】选择【平行切削】选项时此参数才会出现，它有【优化】和【用户定义】两个选项。【优化】指的是系统内定轮廓的偏移大小；【用户定义】是用户可以定义轮廓偏移值。

（7）边缘偏移　当使用【用户定义】参数定义【边界轨迹偏移】时此参数会出现，它

用来定义边缘偏移的多少，图3-61所示是【边缘偏移】为0的情形，可以看到刀具已经加工到了零件边缘，而图3-59所示是优化的轨迹，没有完全加工到位。

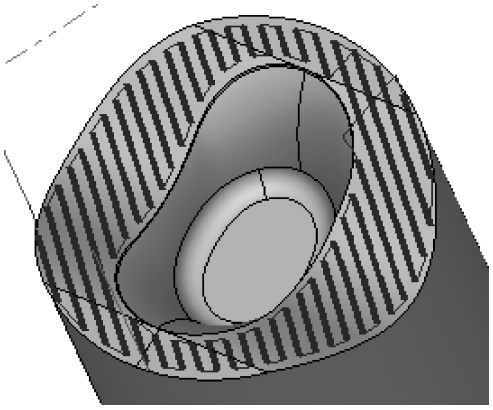


图3-59　不在边界增加精铣轨迹

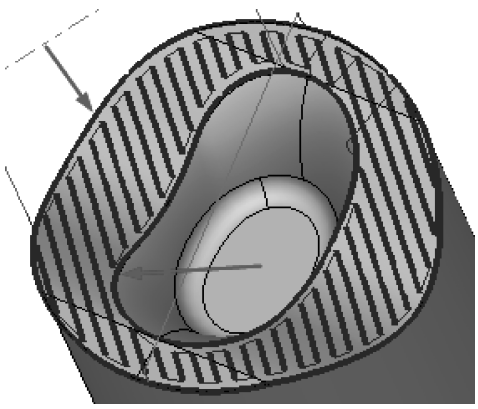


图3-60　在边界增加精铣轨迹

（8）短连接越过尖锐边　短连接是由陡峭尖边创建的轨迹，【短连接越过尖锐边】是用来指定刀具在加工过程中如何通过尖锐边的，它有三个选项：

1）尖角：路径在越过尖边进入下一个路径时以尖角过渡，如图3-62箭头所示。

2）圆角：路径在越过尖边进入下一个路径时以圆角过渡，如图3-63箭头所示。

3）从不：轨迹在尖边处以圆弧退出，然后再以圆弧切入，如图3-64箭头所示。

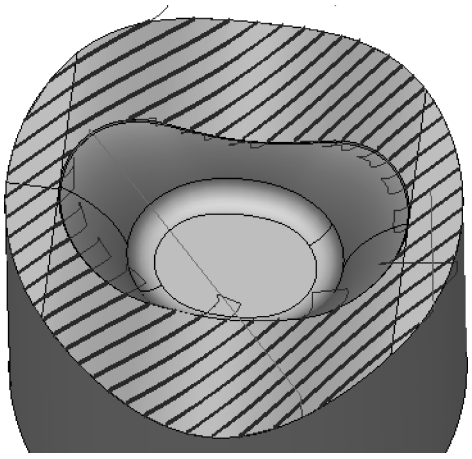


图3-61　边缘偏移为零的轨迹

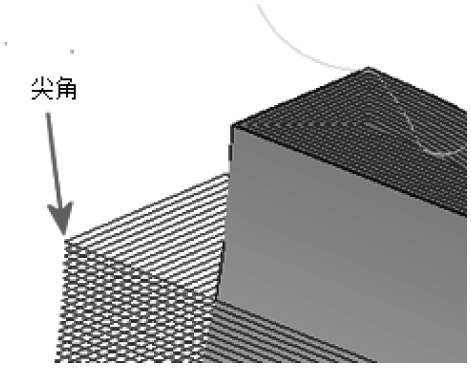


图3-62　轨迹尖角过渡

（9）长连接越过平坦边　长连接是由平坦面上的尖边创建的刀路轨迹。勾选【长连接越过平坦边】参数，可以把在平坦面上的尖边产生的刀路轨迹抬高，以达到保护尖边的目的，如图3-65所示。

（10）长连接移位　勾选【长连接越过平坦边】时此参数会出现，它用来指定轨迹运动的距离。

（11）水平面补铣　当加工方式选择【层】和【螺旋】选项时才会出现这个参数，勾

选它可以在水平面上补铣一条刀路轨迹，以便能清除掉根部的余量，如图 3-66 所示。

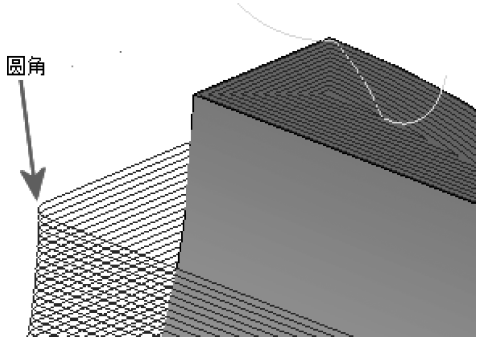


图 3-63　轨迹圆角过渡

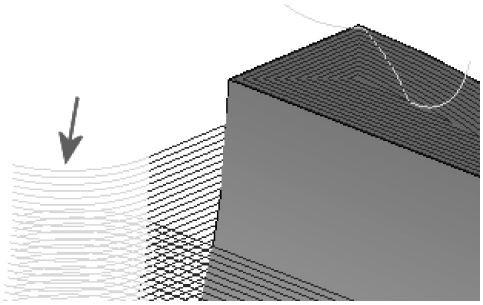


图 3-64　轨迹从不连接

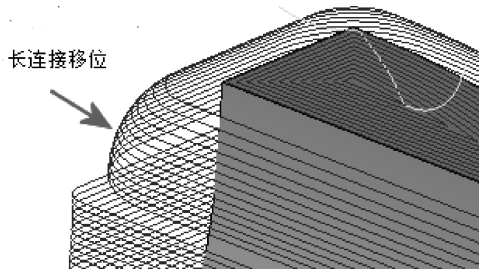


图 3-65　长连接越过平坦边

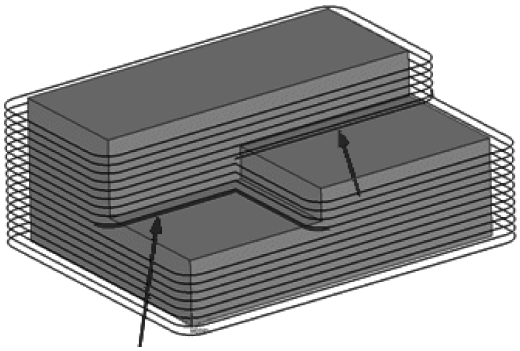


图 3-66　水平面补铣

（12）完全的第一和最后轨迹　当加工方式选择【螺旋】选项时此参数才会出现，它可以在第一条和最后一条螺旋轨迹的上方和底部产生一条轨迹，以便把剩余毛坯彻底清除掉。

4. 层间边接

当【加工方式】选择【层】时会出现【层间边接】参数项，如图 3-67 所示。层间边接用来控制刀具加工陡峭区域时两个相邻加工层是如何连接的，它有【基本】和【高级】两个选项。【基本】选项是系统内定了加工层之间的连接方式，没有可出现的参数进行修改；【高级】选项可以出现一些参数，可以根据情况修改，高级选项出现的参数如下：

图 3-67　层间边接高级参数

（1）连接方法　定义相邻加工层过渡的方法，有【沿面加工】和【切向】两个选项。【沿面加工】是沿着加工面进行过渡的，如图 3-68 箭头所示；【切向】是沿着和加工面相切的方向进行过渡的，如图 3-69 箭头所示。

（2）移动距离（切向）　定义当前层加工起始点和上一个加工层结束点之间的距离，如

图 3-68 所指示的线段。

（3）重叠距离　设定当前层结束点越过起始点的距离，意味着重叠加工的距离，以便彻底清除掉余料。

（4）首选逼近半径　对【切向】连接有效，控制切向切入零件的半径大小，如图 3-69 所示，其值的输入在【进刀和退刀点】里设置。

（5）优化退刀半径　对【切向】连接有效，控制切向退出零件的半径大小，其值的输入在【进刀和退刀点】里设置。

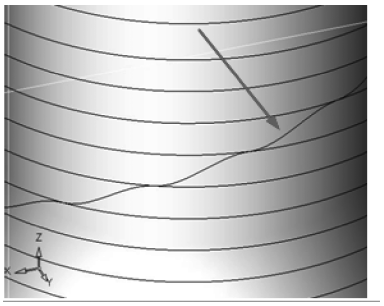


图 3-68　沿面连接

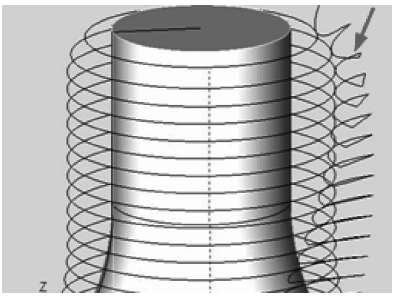


图 3-69　切向连接

3.5.2　根据角度精铣刀路参数

1. 平坦区域

根据角度精铣策略是系统根据零件面的斜率大小自动分成平坦面和陡峭面，然后对不同的面采用不同的加工工艺，这就是 CimatronE 软件的斜率分析技术。

【平坦区域】选项用来控制刀具对零件平坦面的加工，勾选它可以生成平坦面的刀路轨迹。

2. 平坦加工方法

当勾选了【平坦区域】选项时此参数才会出现，它后面有三种加工方法可供选择：【环切】、【平行切削】和【3D 步距】，这些加工方法的含义在前面介绍【精铣所有】一节中已经介绍了。

3. 平坦区域切削方式

当勾选了【平坦区域】选项时此参数才会出现，它用来确定加工时刀具的切削方式。其后有常见的【顺铣】、【逆铣】和【混合铣】选项。

4. 水平切削方式

当勾选了【平坦区域】选项时此参数才会出现，它用来控制刀具是从外向内加工还是从内向外加工。

5. 陡峭区域

【陡峭区域】选项用来控制刀具对零件陡峭面的加工，勾选它可以生成陡峭面的刀路轨迹。

6. 陡峭区域加工策略

当勾选了【陡峭区域】选项时此参数才会出现，它后面有三种加工策略可供选择：【层】、【螺旋】和【插铣】，前两种加工策略的含义在前面介绍【精铣所有】一节中已经介绍了，【插铣】是指刀具可以对陡峭面上下进行加工。

7. 插铣方向

当【陡峭区域加工策略】选择【插铣】加工策略时此参数才会出现，它有【向下】、【向上】和【双向】三个选项，其加工方向分别如图 3-70 ~ 图 3-72 所示。

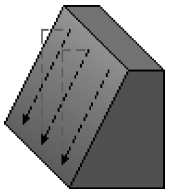


图 3-70　向下插铣

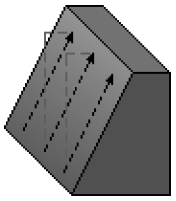


图 3-71　向上插铣

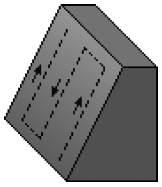


图 3-72　双向插铣

8. 插铣侧向步距

当【陡峭区域加工策略】选择【插铣】加工策略时此参数才会出现，它用来控制插铣时刀具的侧向步距大小。

9. 通用加工顺序

当同时勾选了【平坦区域】和【陡峭区域】时此参数就会出现，它用来控制是先加工零件的陡峭面还是平坦面。

10. 限制角度

这个角度是用来区分零件上的平坦面和陡峭面的。零件面的法向方向和当前坐标系 Z 方向的夹角大于这个角度时此面被认为是陡峭面；零件面的法向方向和当前坐标系 Z 方向的夹角小于这个角度时此面被认为是平坦面。

3.6　3 轴清角加工参数介绍

清角加工包括清根和笔试铣削，它们的参数也有特别的地方，以下分别介绍它们的加工参数，同样，如果参数前面已经介绍，本节将不再重复。

3.6.1　清根加工刀路参数

清根加工参数里的刀路轨迹参数有很多和前面介绍的不同，图 3-73 所示是清根刀路轨迹参数。

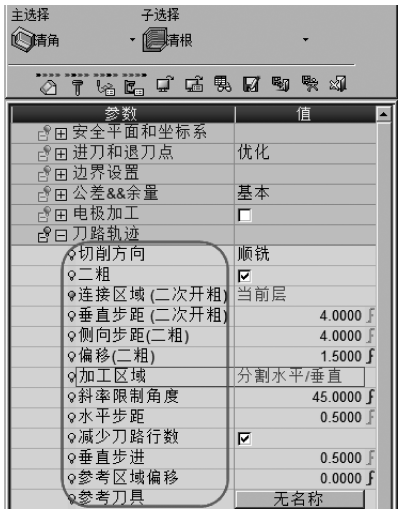


图 3-73　清根刀路轨迹参数

（1）二粗　勾选它可以使刀具在毛坯比较大的地方采用粗加工的方式进行清根，一般来说，如果前一把刀具直径是清根刀具的 2 倍左右，就应该勾选这个选项，以避免断刀。

（2）连接区域（二次开粗）　勾选【二粗】选项才会出现这个参数，其后有【内部安全高度】和【当前层】两个参数。【内部安全高度】指的是区域之间的连接在内部安全平面上；【当前层】指的是区域之间的连接在当前加工层上。

（3）垂直步距（二次开粗）　勾选【二粗】选项

才会出现这个参数，它用来定义粗加工Z向步距。

（4）侧向步距（二粗） 勾选【二粗】选项才会出现这个参数，它用来定义粗加工的侧向步距。

（5）偏移（二粗） 勾选【二粗】选项才会出现这个参数，它用来定义粗加工后留给精加工的余量，给出偏移值，就相当于规定了加工毛坯大的地方，采取先粗加工再精加工的工艺。

（6）加工区域 定义清根部位哪部分要加工，它有以下5个参数：

1）分割水平/垂直：系统把清根部位的面分成平坦面和陡峭面，刀具采用沿面加工平坦面，采用固定垂直步距按照降层方式加工陡峭面，如图3-74所示。

2）全部随形：不把清根部位的面分成平坦面和陡峭面，而是采用同一个沿面加工的策略进行加工，如图3-75所示。

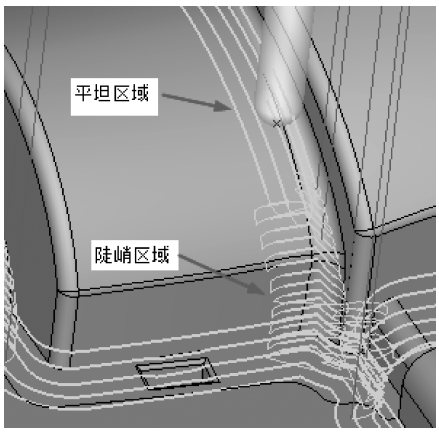


图3-74 分割水平/垂直进行清根

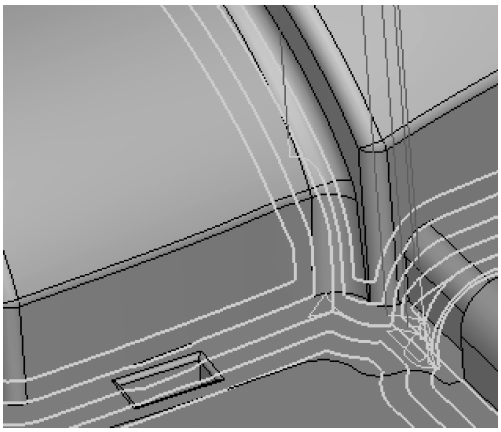


图3-75 全部随形清根

3）仅平坦：刀具仅仅加工平坦的部位，忽略陡峭区域，如图3-76所示。

4）仅陡峭：刀具仅仅加工陡峭的部位，忽略平坦区域，如图3-77所示。

5）无：当勾选【二粗】选项时才会出现【无】这个参数，意味着只对根部毛坯余量大的部位进行粗加工，不进行精加工处理，留到下一个程序去做。

（7）斜率限制角度 用来区分根部上的平坦曲面和垂直曲面，含义等同于【根据角度精铣】中的【限制角度】参数。

（8）减少刀路行数 在保证加工要求的情况下减少狭窄区域的刀路轨迹，以便得到较少的加工时间。图3-78所示是没有勾选【减少刀路行数】选项得到的轨迹，图3-79所示是勾选了【减少刀路行数】选项计算的结果。

（9）参考区域偏移 相当于把角落处的剩余毛坯虚拟地偏大一个值，也可以理解为把上一把刀具虚拟放大一个偏移值，目的是使当前刀具把根部加工得更彻底。

尤其当上一把刀具在加工曲率半径与之相当的根部曲面时，系统生成的轨迹可能不够理想，采用偏移值则可以得到更好地加工效果。

（10）参考刀具 选择清根程序所参考的上一把刀具，系统会根据上把刀具加工后的剩

余毛坯计算清根的刀路轨迹。

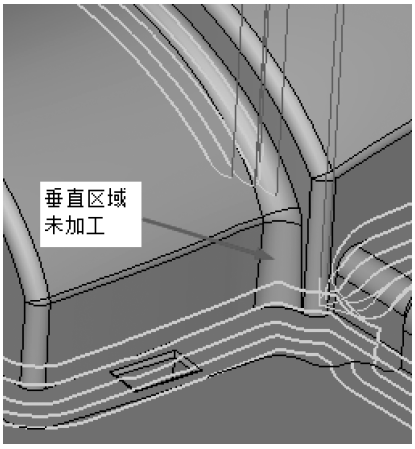


图 3-76　对平坦区域清根

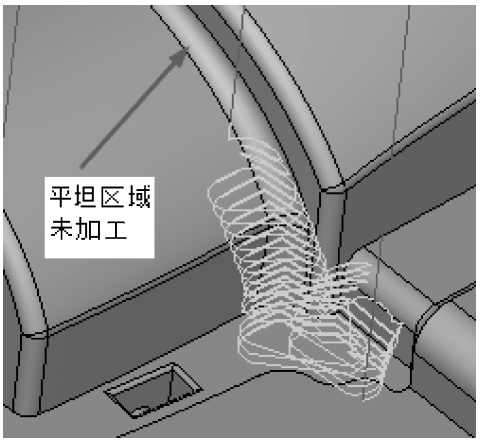


图 3-77　对陡峭区域清根

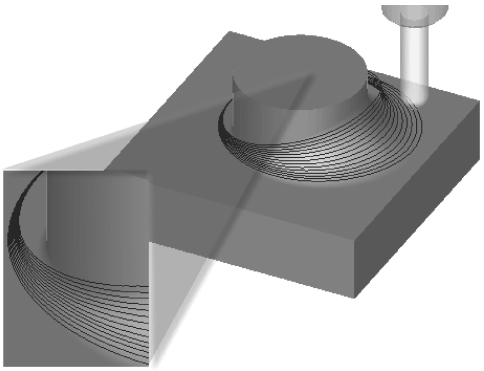


图 3-78　没减少刀路行数得到的轨迹

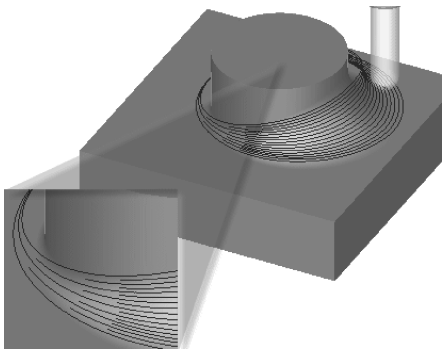


图 3-79　减少刀路行数的计算结果

3.6.2　笔试加工刀路参数

笔试加工是清根的一种加工工艺，它常用于零件根部圆角尺寸比较一致的场合，使用和根部圆角半径一致的刀具即可把根部加工到位。如图 3-80 所示，根部圆角半径是 5，使用半径为 5 的球刀通过笔试加工即可把根部加工到要求。

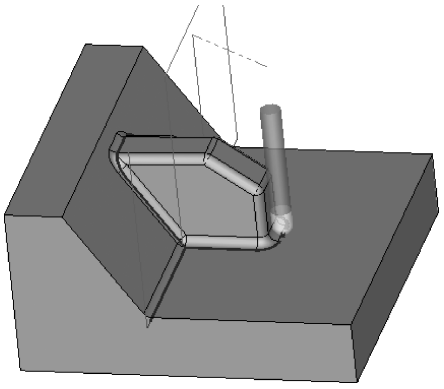


图 3-80　笔试加工实例

笔试加工有几个特殊参数，介绍如下：

1. 陡峭区域

（1）从不　当参数【多重】被勾选时才会出现这个参数。它是指在陡峭区域不生成轨迹，如图 3-81所示。

（2）两者　刀具可以向上和向下在陡峭区域以上、下两个方向进行铣削。

（3）向上　刀具只能向上加工陡峭区域。

（4）向下　刀具只能向下加工陡峭区域。

2. 多重

选此参数可以在根部生成多条笔试轨迹，在余量大的场合勾选它可以有效地避免断刀，勾选后会有下面的几个参数出现。

（1）多重方法　勾选【多重】选项才会出现这个参数，它用来指定多条轨迹的偏移距离以何种方法来确定，其后面有两个选项：

1）Z 向增量　它用来指定轨迹之间的距离在 Z 方向上是一致的，由【步距】参数确定

2）曲面偏距　它用来指定轨迹之间的距离在加工曲面的法向上是一致的，也由【步距】参数确定。

（2）行数　勾选【多重】选项时才会出现这个参数，它用来指定生成轨迹的行数。

（3）步距　勾选【多重】选项时才会出现这个参数，它用来指定每行轨迹之间的距离，如图 3-82 所示是行数为 2，步距为 3 生成的笔试轨迹。

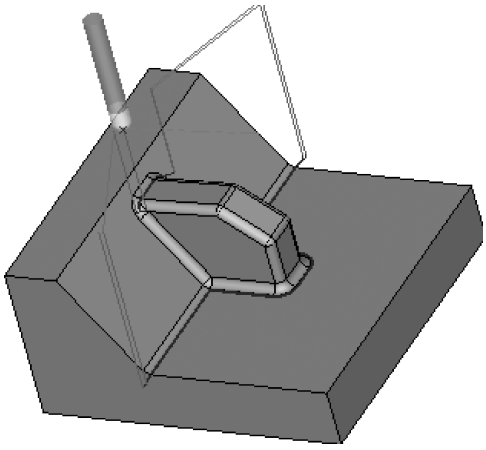


图 3-81　【从不】选项的应用

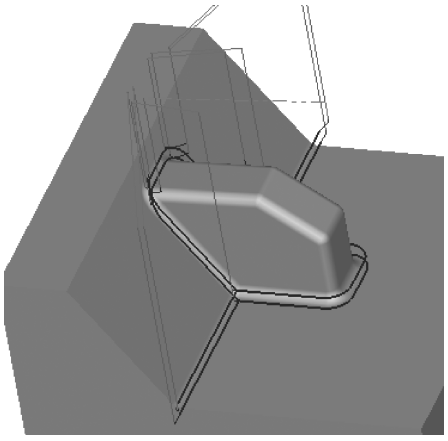


图 3-82　多重笔试轨迹实例

3.7　程序的转换

CimatronE 转换功能为用户提供一个灵活的、方便的复制或者移动程序的方法，转换的程序包括 5 轴铣削和钻孔程序，定义转换不仅包含转换的类型（线性阵列、径向阵列和镜像），还包含了转换程序的加工顺序。

复制和移动的程序和原来的程序是相关的，因此，原来的程序有了改变，复制或者移动的程序可以跟着作相应的改变。CimatronE 的程序转换功能可以大大减少对具有相同特征的零件程序的编制时间。

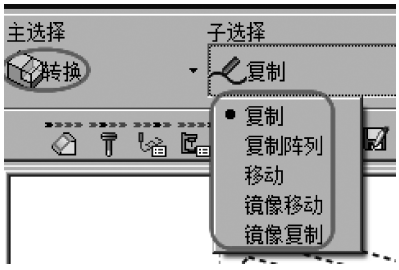


图 3-83　程序的转换

程序的转换功能如图 3-83 所示，包括两个移动功

能、三个复制功能，下面介绍它们的用法。

3.7.1 复制

复制用于有相同形状区域的零件编程上。它是把某一个区域的程序编制完后，通过复制来生成具有相同区域的程序，可以根据情况把原程序复制一个或者多个程序，复制程序的创建过程为：

（1）选择策略　单击编程向导条上的创建【程序】图标，在主选择里选择【转换】，在子选择里选择【复制】，如图 3-84 所示。

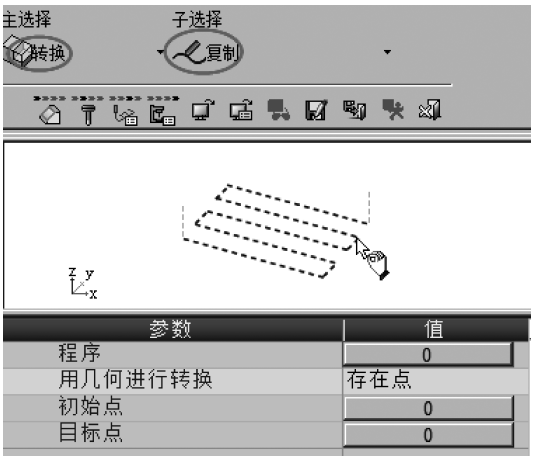


图 3-84　复制程序

（2）选择要复制的程序和复制方法

1）选择程序。单击【程序】参数右侧的按钮 0，在如图所示的界面，选择程序右侧的按钮，在出现的界面选择想复制的程序，如图 3-85 勾选了三个程序。

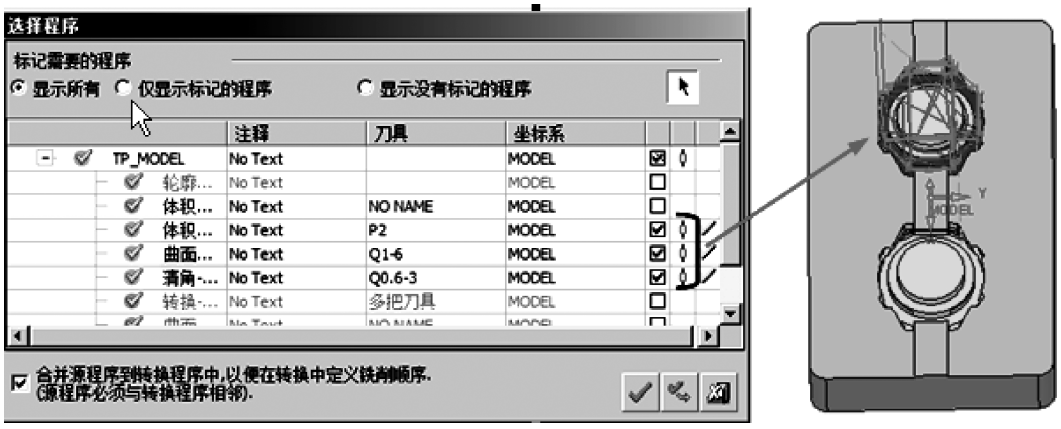


图 3-85　选择复制的程序

2）用几何进行转换。复制的方法有 3 种：

① 否：表示不用选择几何（点或者坐标系），而是通过在刀路轨迹里指定坐标值来复制程序。

② 存在点：通过指定初始点和目标点来复制程序，目标点可以选择多个零件上的点，因此可以复制多个程序。

③ 坐标系：通过指定原始坐标系和目标坐标系的办法进行复制，目标坐标系可以选择多个，因此也可以复制多个程序。

（3）定义加工参数　包括安全平面、刀路轨迹等参数。

（4）计算程序　做好上面的设置后【单击保存和计算按钮】即可完成程序的复制操作，图 3-86 所示是通过【存在点】的方法复制了手表模具另一个槽的三个程序。

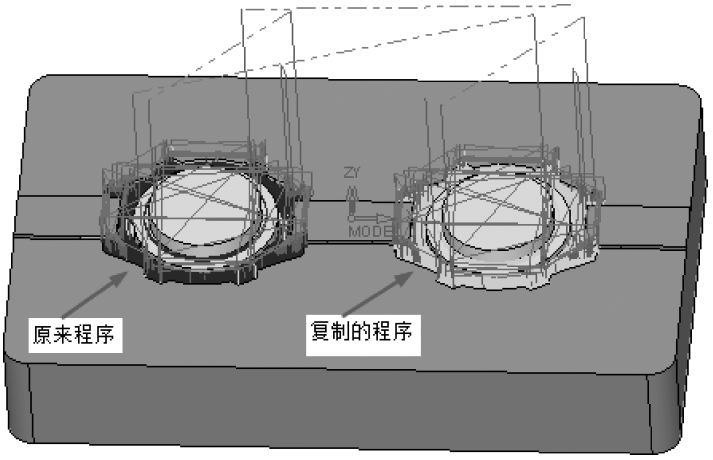


图 3-86　程序复制的案例

3.7.2　复制阵列

复制阵列可以沿着 X、Y 轴的方向同时复制多个程序。或者绕着某一个旋转轴径向复制程序。复制阵列的创建方法和复制类似，只不过是【用几何进行转换】的方法不同，复制阵列的【用几何进行转换】方式有以下几种：

1）否：表示不用选择几何（点或者坐标系），而是通过在刀路轨迹里指定 X、Y 方向上的数量以及各自的增量来复制程序。

2）仅放射中心：需要选择一个中心点，程序将绕着通过这个点的轴线复制程序，注意轴的方向和当前激活坐标系的 Z 轴方向是一致的。复制程序的数量以及程序之间的间隔角度在刀路轨迹参数里设定。

3）放射中心 & 参考：不但需要选择一个中心点，还要选择一个参考点。

3.7.3　镜像复制

镜像复制是通过选择的实体（线和面等）镜像复制程序。镜像复制的创建方法和复制类似，只不过是【用几何进行转换】的方式不同，镜像复制的【用几何进行转换】方式有以下几种：

1）否：不需要在【零件】中定义镜像程序的参考实体，而是在刀路轨迹中通过选择程序坐标系的 XY、YZ 或者 XZ 来复制程序。

2）直线：通过选择直线来镜像程序。

3）平面：通过选择平面来镜像程序。

4）坐标系：通过选择坐标系和其中的一个主平面来镜像程序，如图 3-87 所示。

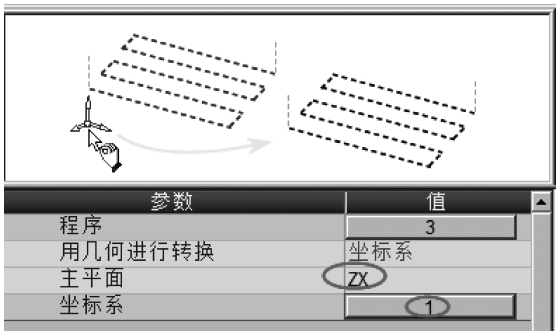


图 3-87　通过坐标系镜像复制程序

3.7.4　移动

移动是把程序从一处移动到另一处，原来的程序将不复存在，其创建方法和复制程序是一样的。

3.7.5　镜像移动

镜像移动是把程序从一处镜像到另一处，原来的程序将不复存在，其创建方法和镜像复制程序是一样的。

3.8　3 轴加工综合练习

本练习可以学习以下内容：

- 粗加工策略以及参数应用
- 快速预览练习
- 二次开粗的应用
- 清根应用
- 精铣水平面应用
- 程序的复制功能练习
- 精铣水平面工艺的应用
- 学习合理地规划程序

本练习是编制手表壳模具粗加工、精加工和清根的完整程序，如图 3-88 所示是手表壳模具的毛坯大小，如图 3-89 所示是手表壳模具的三维模型，也是本练习加工的最终模型，其加工工艺列表见表 3-2。

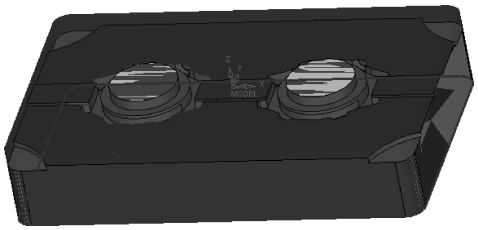


图 3-88　手表模具的毛坯

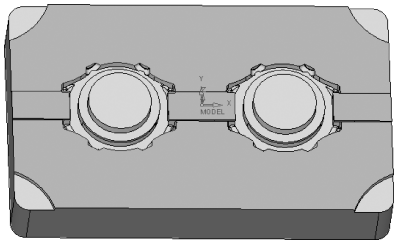


图 3-89　手表壳模具的三维模型

表 3-2　手表壳模具的加工工艺列表

序号	刀具名称	刀具类型	加工部位	直径/mm	垂直步距/mm	转速（r/min）	进给/mm	余量/mm
1	BN10R2	牛鼻子刀	整体粗加工	10	0.5	6000	1200	0.15
2	FLAT02	平刀	对左侧槽二次开粗	2	0.1	12000	500	0.1
3	BALL1	球刀	左侧槽曲面精加工	1	0.05	15000	450	0
4	BALL0.8	球刀	左侧槽清根	0.8	0.015	18000	350	0
5	FLAT02	平刀	左侧槽水平、垂直面加工	2		12000	450	0
6	复制序号为2、3、4和5程序加工另一侧槽							
7	FLAT10	平刀	精加工其他水平面	10		6000	350	0

练习的文档名称是“手表壳模具”，其位置在“光盘\练习文档\3轴练习”文件夹下，做练习之前把练习文档都复制到电脑硬盘里。

最终完成的编程文件在“光盘练习结果\3轴”文件夹下，可供学员参考，下面详细介绍这个练习的编程过程。

1. 打开文档

进入软件初始界面，单击打开按钮，选择“手表壳模具”文档，如图3-90所示，单击浏览器窗口上的【读取】命令即可打开练习文档。

图 3-90　打开练习文档

2. 查看文件

文件是一个NC文档，为了节省篇幅，文档已经创建了TP、目标零件和毛坯，如图3-91所示，毛坯是按照【轮廓】进行创建的。

为了能顺利地做完这个练习，建议读者尤其是初学者把前面的2.5轴综合练习做完，因为有好多过程基本是一样的。

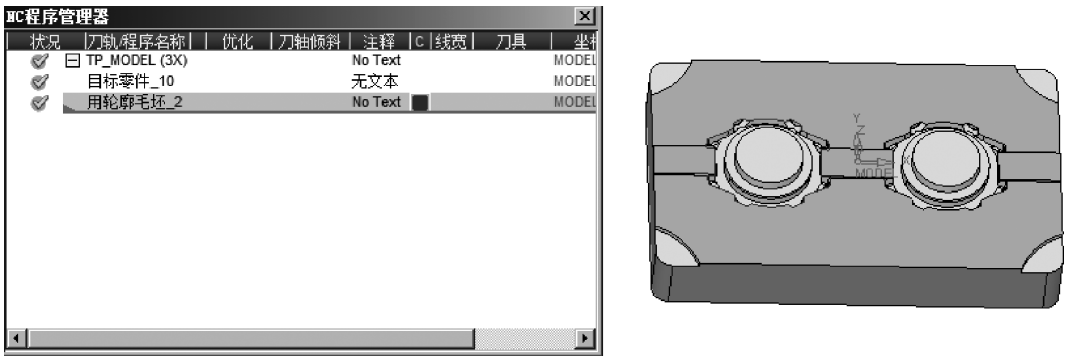


图 3-91　创建了零件和毛坯

3. 整体粗加工程序编制

（1）选择工艺和加工对象。单击向导条中【程序】按钮，在弹出的窗口默认主选择【体积铣】选项，子选择为【环绕粗铣】。

单击【零件曲面】参数右侧按钮 0，框选所有显示的曲面，单击鼠标中键确认，则有238 张面被选择，如图 3-92 所示。

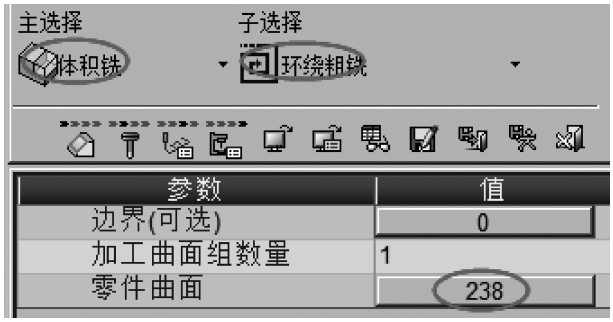


图 3-92　粗加工工艺和加工对象的选择结果

（2）选择刀具　单击程序窗口上的刀具图标，选择直径为 10 的牛鼻子刀具，如图 3-93所示。

图 3-93　选择牛鼻子刀具

（3）设定粗加工刀路参数　单击程序窗口上的刀路参数图标，前四项参数的设定参照图 3-94 所示进行。

后几项参数项设定如图 3-95 所示。

图 3-94　粗加工刀路参数（一）

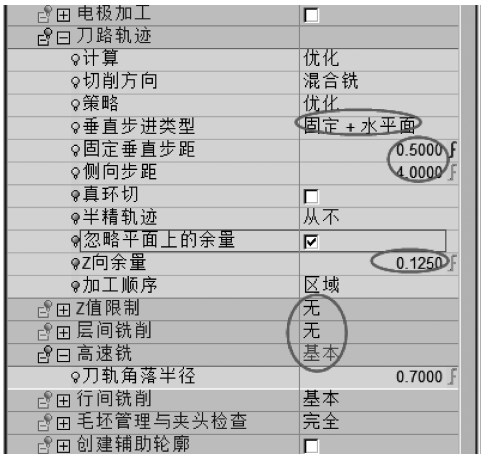


图 3-95　粗加工刀路参数（二）

单击快速预览按钮，如图 3-96 所示，查看毛坯剩余情况，如图 3-97 所示，可以发现有些地方剩余了大量毛坯，后续需要进行二次开粗。

图 3-96　开始预览结果

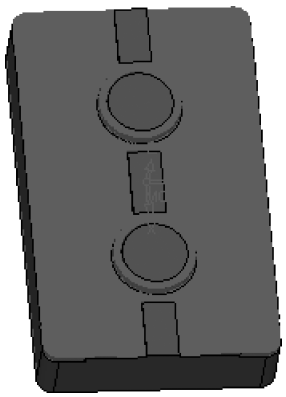


图 3-97　毛坯剩余情况

（4）设定机床参数　单击程序窗口上的机床参数图标，各项参数的设定参照图 3-98 所示进行。

（5）计算并保存程序　单击程序窗口保存并计算按钮，完成粗加工刀路轨迹的计算，如图 3-99 所示。

图 3-98　机床参数设定

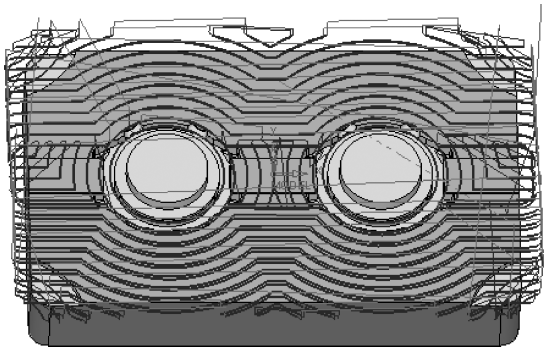


图 3-99　粗加工刀路轨迹

【提示】：整体开粗是通过选择直径大的刀具快速去掉大部分的毛坯，这是最常规的模具加工方法。

4. 二次开粗程序编制

（1）选择工艺和加工对象　单击向导条中【程序】按钮 程序，在弹出的窗口默认主选择【体积铣】选项，子选择为【环绕粗铣】。

单击边界（可选）右侧的按钮 0，并选择如图 3-100 所示的组合曲线作为加工边界，再两次单击鼠标中键完成轮廓的选择。

曲面在上一个程序已经选择，系统已经自动记忆，不需要再次选择曲面，图 3-101 所示是最终选择的结果。

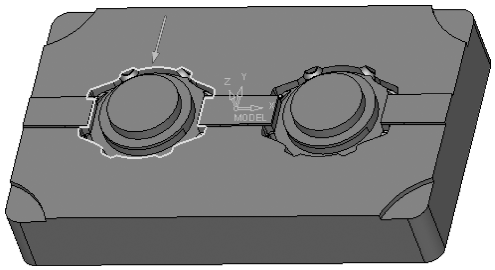


图 3-100　选择加工边界

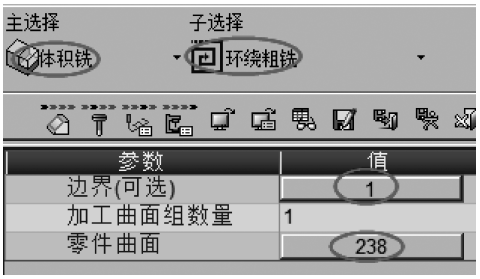


图 3-101　二次开粗工艺和加工对象的选择结果

（2）选择刀具　单击程序窗口上的刀具图标，选择直径为 2 的平刀，如图 3-102 所示。

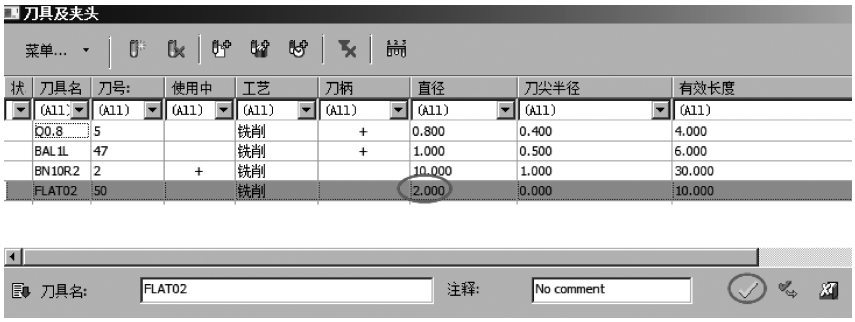


图 3-102　选择平刀

（3）设定刀路参数　单击程序窗口上的刀路参数图标，前四项参数的设定参照图3-103所示进行。注意二次开粗的余量一般和前一个程序的相同，但是本例因为所选择的区域太小，后期使用的刀具也小，所以需要少留一些余量。

后几项参数项设定如图3-104所示。

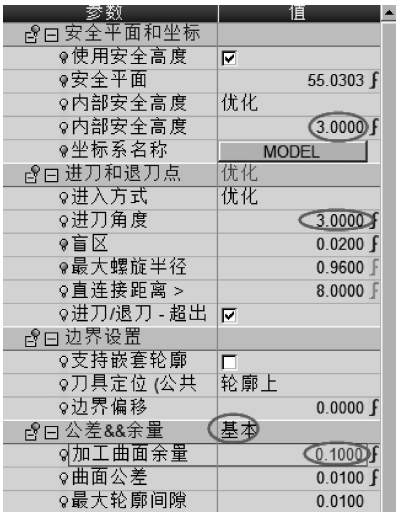


图3-103　二次开粗加工刀路参数（一）

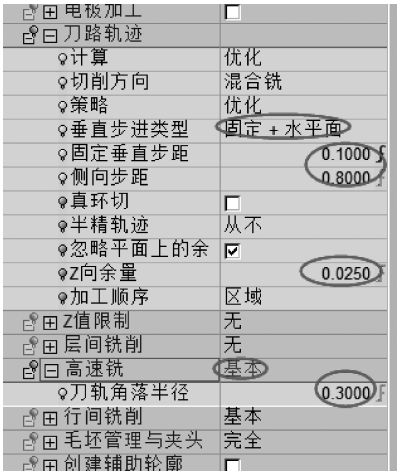


图3-104　二次开粗加工刀路参数（二）

单击快速预览按钮，查看毛坯剩余情况，如图3-105所示，可以发现左侧槽腔大部分毛坯已经被加工掉。

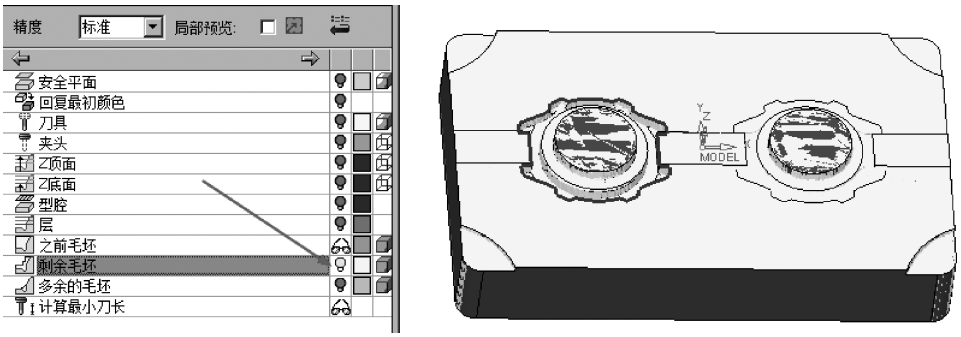


图3-105　预览加工结果

（4）设定机床参数　单击程序窗口上的机床参数图标，各项参数的设定参照图3-106所示进行。

（5）计算并保存程序　单击程序窗口保存并计算按钮，完成二次开粗加工刀路轨迹的计算，如图3-107所示。

【提示】：二次开粗是使用比上一把直径小的刀具进一步去掉剩余毛坯，最终目的是给后续留出均匀的余量，可以使用体积铣里的新策略也可以使用传统里的【二粗】策略进行编程，它们都是基于毛坯计算，前者参数更丰富一些。

图 3-106　机床参数设定

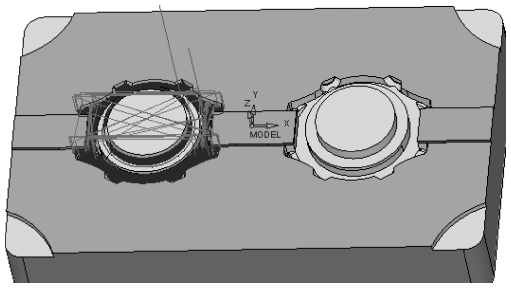


图 3-107　二次开粗加工刀路轨迹

5. 左侧槽精加工程序编制

（1）选择工艺和加工对象　单击向导条程序按钮，在弹出的窗口将主选择切换为【曲面铣削】选项，子选择切换为【根据角度精铣】。

单击边界（可选）右侧的按钮 1，在弹出的轮廓管理器中确信【使用标签】已经勾选（见图 3-108 左图），单击图中箭头所示的轮廓标签，并将窗口“刀具位置”切换成【轮廓内】，单击应用按钮，完成对刀具位置的修改，结果如图 3-108 所示。

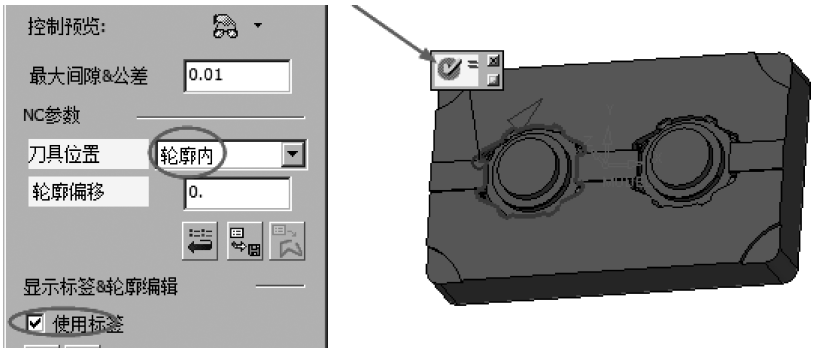


图 3-108　选择加工边界

把刀具位置改成【轮廓外】，并单击图 3-109 中箭头所示的平面，单击鼠标中键确认，为此工序选择了另一个加工轮廓，再次单击鼠标中键退出轮廓的选择。

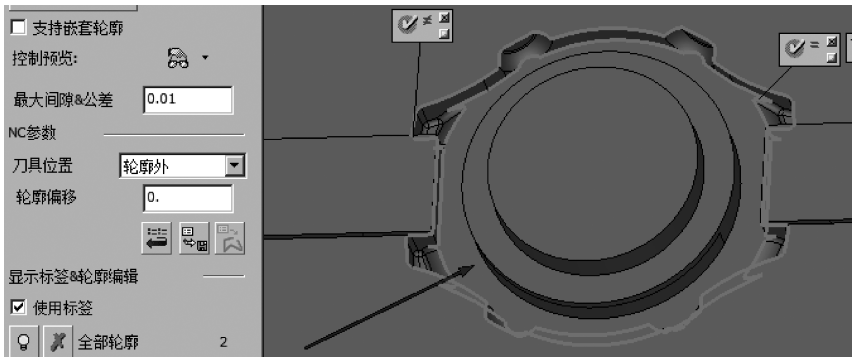


图 3-109　另一个轮廓的选择

【提示】：为这道工序选择两条加工边界。两条边界的刀具位置是不同的，这样可以限制刀具只加工曲面而不加工里面的水平面区域，刀具位置将决定加工的结果。

曲面在上一个程序已经选择，系统已经自动记忆，不需要再次选择曲面，图 3-110 所示是最终选择的结果。

图 3-110　工艺和加工对象的选择结果

（2）选择刀具　单击程序窗口上的刀具图标，选择直径为 1 的球刀，如图 3-111 所示，

（3）设定刀路参数　单击程序窗口上的刀路参数图标，前四项参数的设定参照图 3-112 所示进行，采用圆弧进、退刀，曲面公差设为 0.005 的目的是为提高加工精度。

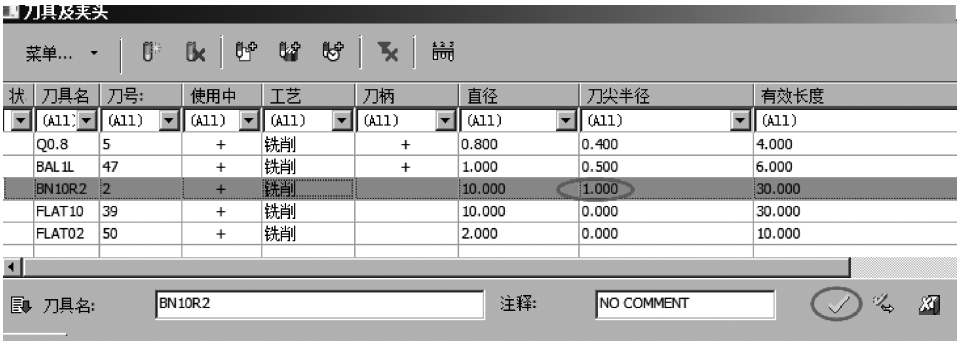


图 3-111　选择球刀

后几项参数项设定如图 3-113 所示。

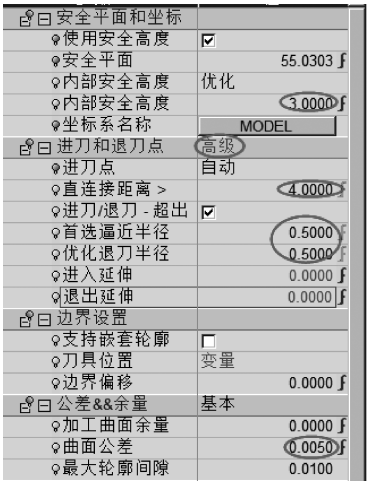


图 3-112　精加工刀路参数（一）

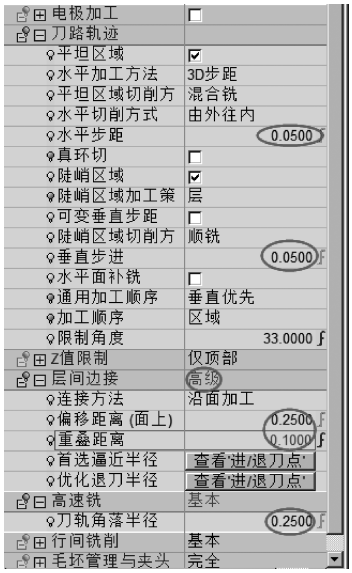


图 3-113　精加工刀路参数（二）

（4）设定机床参数　单击程序窗口上的机床参数图标，各项参数设定参考图 3-114 所示进行。

（5）计算并保存程序　单击程序窗口保存并计算按钮，完成刀路轨迹的计算，如图 3-115 所示。

图 3-114　机床参数设定

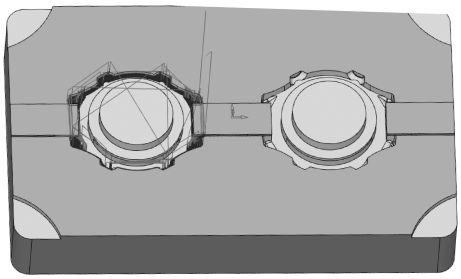


图 3-115　精加工轨迹

6. 左侧槽清角程序编制

本步骤是使用直径为 0.8 的刀具清除掉半径为 0.4 的角落，尖角处本练习不作处理，因为这些部位需要火花放电加工。

（1）选择工艺和加工对象　单击向导条程序按钮，在弹出的窗口将主选择切换为【清角】选项，子选择切换为【笔试】。

边界默认上面程序的选择两个轮廓（也可以取消掉不选择轮廓，因为可以通过选择零件面来控制加工范围）。

单击零件曲面右侧按钮 238，在空白处单击右键选择【重置所有】命令，取消上面精加工所选择的 238 张曲面。单击图 3-116 中箭头所示的面，共 4 处 12 张面，单击鼠标中键确认选择。

单击检查曲面右侧按钮 0，框选窗口中所有曲面，单击鼠标中键确认选择，则有 226 张面被选择，结果如图 3-117 所示。

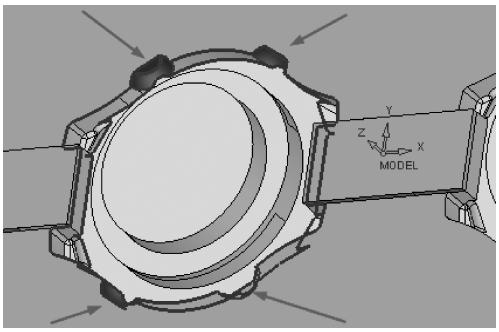


图 3-116　选择零件曲面

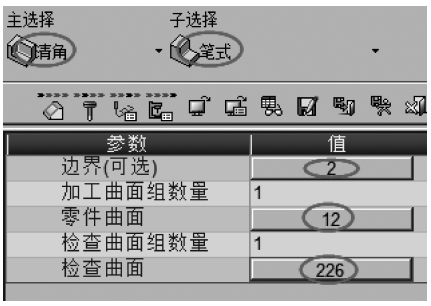


图 3-117　清角工艺和加工对象的选择结果

（2）选择刀具　单击程序窗口上的刀具图标，选择直径为 0.8 的球刀，如图 3-118所示。

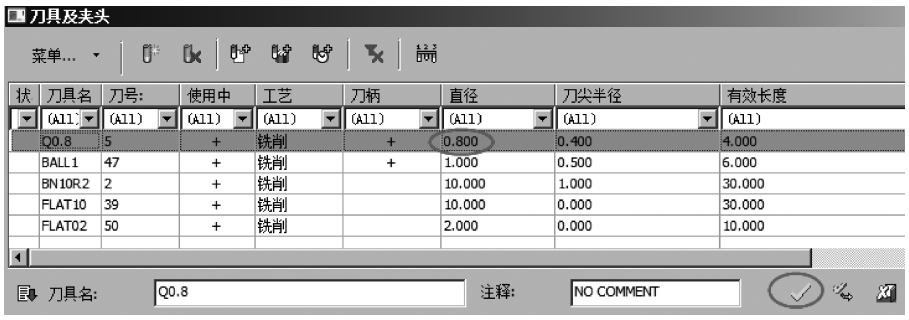


图 3-118　选择 0.8 球刀

（3）设定刀路参数　单击程序窗口上的刀路参数图标，参数设定参考图 3-119 和图 3-120 所示进行。

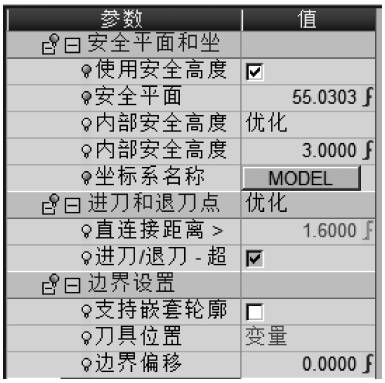


图 3-119　清角部分参数

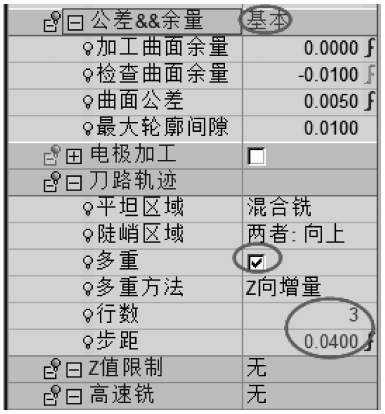


图 3-120　清角部分参数

（4）设定机床参数　单击程序窗口上的机床参数图标，各项参数设定参考图 3-121 所示进行。

（5）计算并保存程序　单击程序窗口保存并计算按钮，完成刀路轨迹的计算，如图 3-122 所示，在每个角落产生了 3 条相互平行的刀路轨迹。

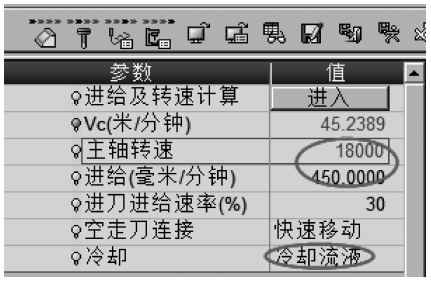


图 3-121　机床参数设定

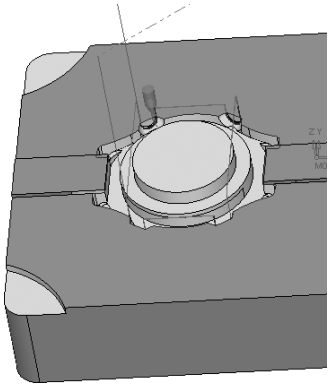


图 3-122　清角加工轨迹

7. 左侧槽水平面和立面加工程序编制

这个步骤是编制图 3-123 箭头所示的水平面和立面程序，也使用【根据角度精铣】工艺，这样可以使用平刀一个程序即可把该部位加工到位，之所以不和上面的程序一起进行加工，是因为上面程序使用了球刀，不适合加工水平面和立面。

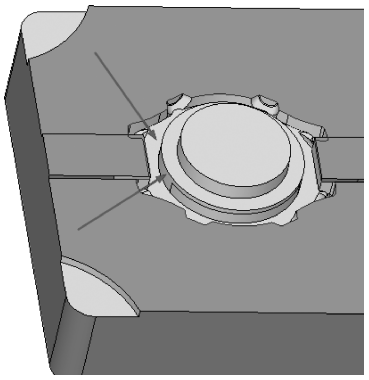


图 3-123　本工序加工的部位

（1）选择工艺和加工对象　单击向导条【程序】按钮 程序，在弹出的窗口主选择切换为【曲面铣削】选项，子选择切换为【根据角度精铣】。

单击边界（可选 0 右侧的按钮 2，在空白处单击右键选择【重置所有】命令，先把清角所选的两个轮廓取消掉，然后把刀具位置切换成【轮廓内】，选择外轮廓，单击鼠标中键确认，再选择里面轮廓，单击鼠标中键确认，如图 3-124 箭头所示，再次单击鼠标中键，退出轮廓的选择。

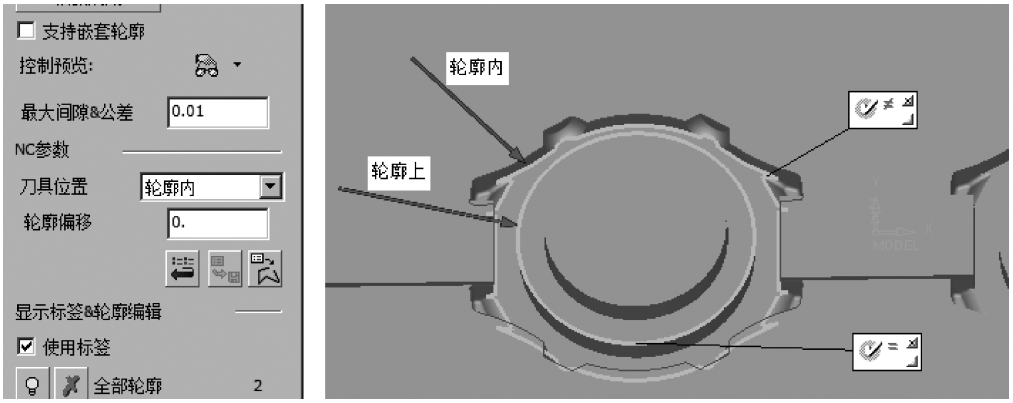


图 3-124　选择轮廓

单击图 3-117 中“检查曲面”右侧的按钮 226，在空白处单击右键选择【重置所有】命令，再单击鼠标中键退出检查面的选取，这样就取消上面清角加工所选择的 226 张检查曲面，此工序不需要设置检查面。

单击图 3-117 中“零件曲面”右侧的按钮 12，框选窗口中所有曲面，单击鼠标中键确认选择，则有 238 张面被选择，结果如图 3-125 所示。

图 3-125　工艺和加工对象的选择结果

（2）选择刀具　单击程序窗口上的刀具图标，选择直径为 2 的平刀，如图 3-126 所示。

（3）设定刀路参数　单击程序窗口上的刀路参数图标，参数设定参考图 3-127 和图 3-128 所示进行。

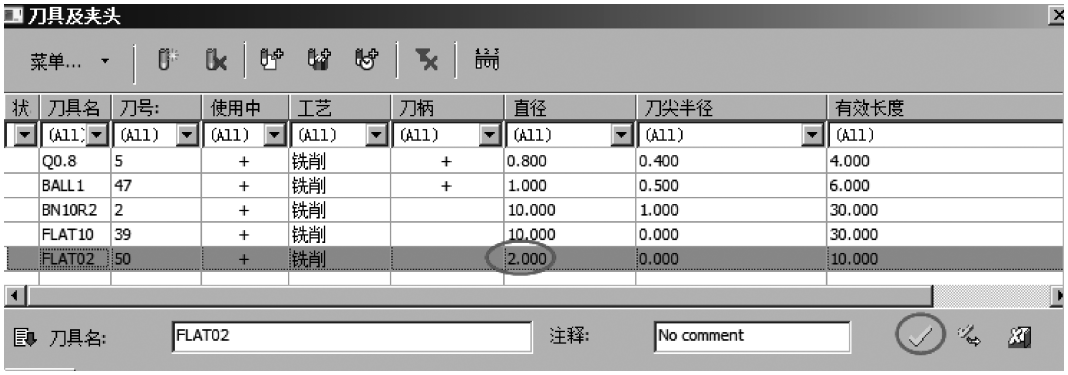


图 3-126　选择平刀

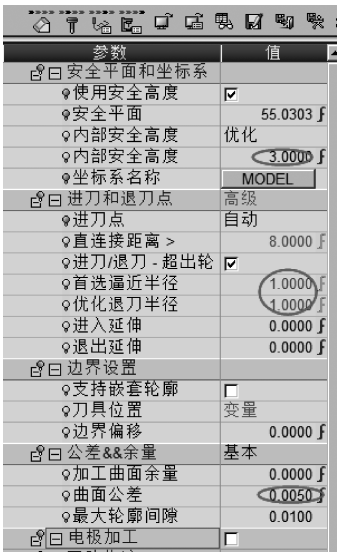


图 3-127　刀路部分参数

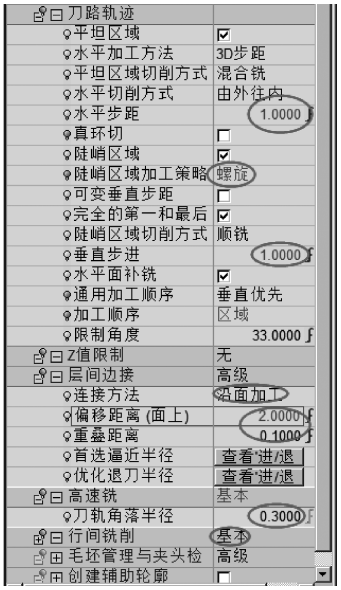


图 3-128　刀路部分参数

（4）设定机床参数　单击程序窗口上的机床参数图标，各项参数设定参考图 3-129 所示进行。

（5）计算并保存程序　单击程序窗口保存并计算按钮，完成刀路轨迹的计算，如图 3-130 所示。

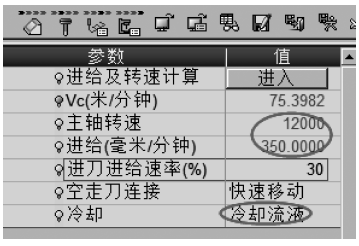


图 3-129　机床参数设定

8. 复制左侧槽的所有程序

复制程序可以节省编程时间，单击向导条【程序】按钮，在弹出的窗口将主选择切换为【转换】选项，子选择切换为【复制】，如图 3-131 所示。

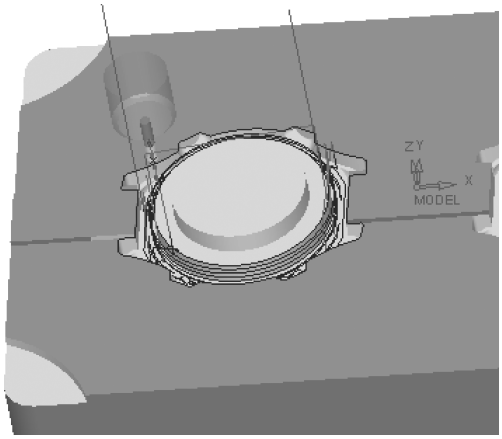


图 3-130　水平面和立面的精加工轨迹

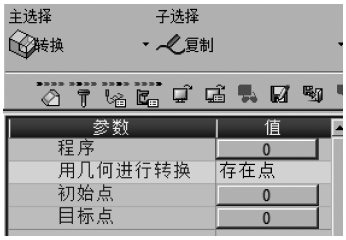


图 3-131　选择工艺

单击【程序】参数右侧的按钮 0，在弹出的窗口选择要复制的程序，如图 3-132 箭头所示，单击确认按钮。

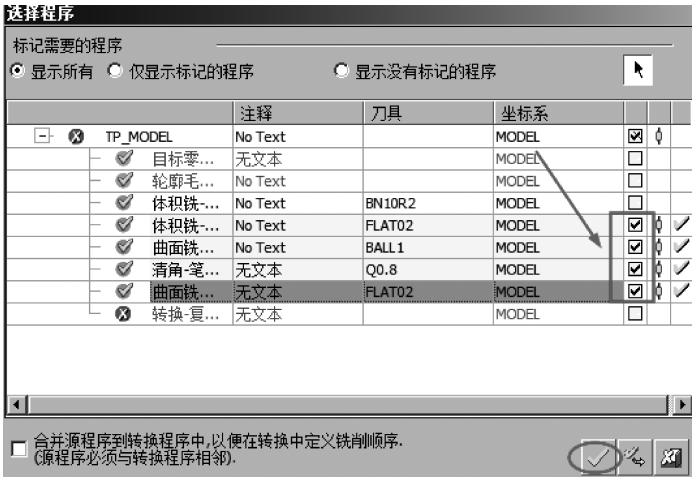


图 3-132　选择复制的程序

单击图 3-131 中【初始点】参数右侧的按钮 0，单击左键选择左侧槽的顶面圆弧（结合过滤器功能），并单击【确认】按钮，如图 3-133 所示。

同样单击【目标点】参数右侧的按钮 0，单击左键选择右侧槽的顶面圆弧（结合过滤器功能），并单击【确认】按钮，如图 3-134 所示。

在程序窗口单击保存并计算按钮，完成刀路轨迹的计算，如图 3-135 所示，程序管理器上显示复制的程序是使用了多把刀具。

9. 其他水平面的精加工程序编制

因为剩下没有加工的零件面是水平面或者是立面，因此可以使用【精铣水平面】工艺来完成这些面的加工。

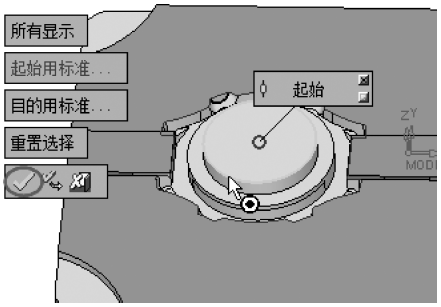


图 3-133　初始点的选择

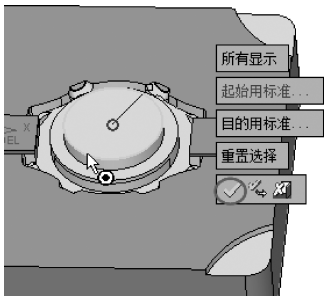


图 3-134　目标点的选择

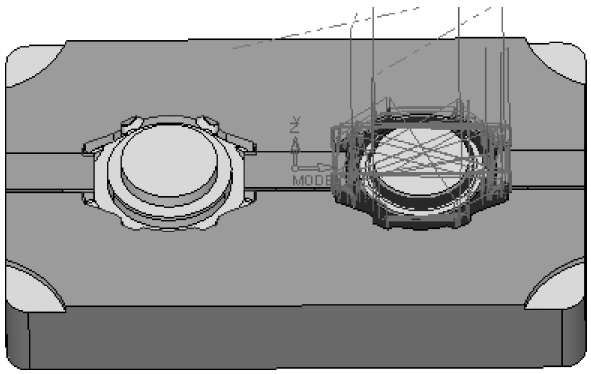


图 3-135　复制的刀路轨迹

（1）选择工艺和加工对象　单击向导条【程序】按钮，在弹出的窗口（见图 3-136）将主选择切换为【曲面铣削】选项，子选择切换为【精铣水平区面】。

单击“零件曲面”右侧按钮 238，框选窗口中所有曲面，单击鼠标中键确认选择，则有 238 张面被选择，结果如图 3-136 所示。

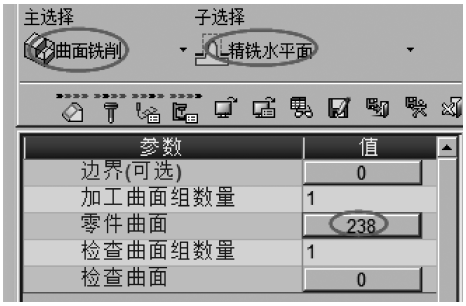


图 3-136　工艺和加工对象的选择结果

（2）选择刀具　单击程序窗口上的刀具图标，选择直径为 10.000 的平刀，如图 3-137 所示。

（3）设定刀路参数　单击程序窗口上的刀路参数图标，参数设定参考图 3-138 和图 3-139 所示进行。

（4）设定机床参数　单击程序窗口上的机床参数图标，各项参数设定参考图 3-140 所示进行。

（5）计算并保存程序　单击程序窗口保存并计算按钮，完成精铣水平面的刀路轨迹的计算，如图 3-141 所示。

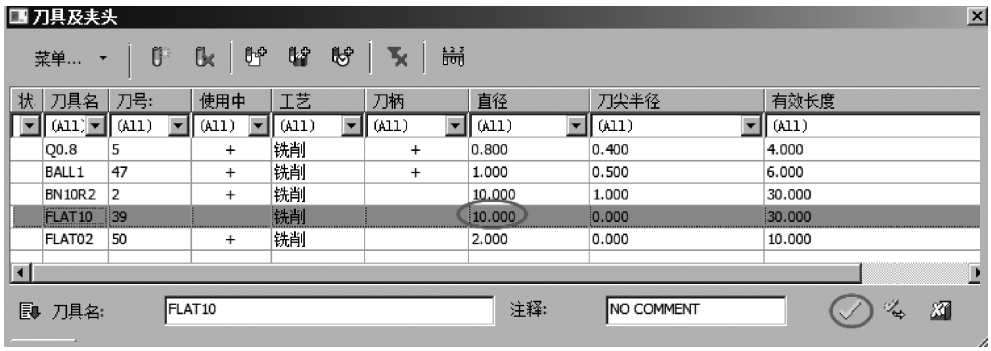


图 3-137　选择平刀

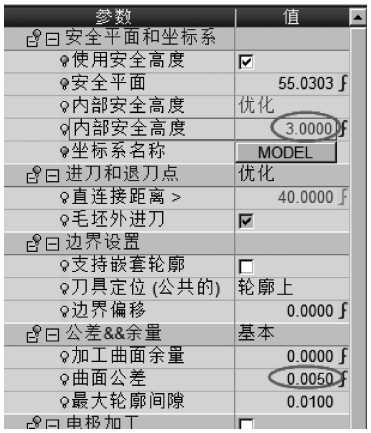


图 3-138　刀路部分参数（一）

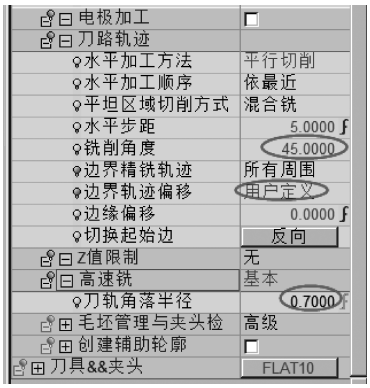


图 3-139　刀路部分参数（二）

【提示】：对于这个模型，实际加工时这个工序最好放到二次粗加工程序以后，这样在使用球刀精加工腔槽的侧壁时，第一刀的切深不至于太深，比较安全。

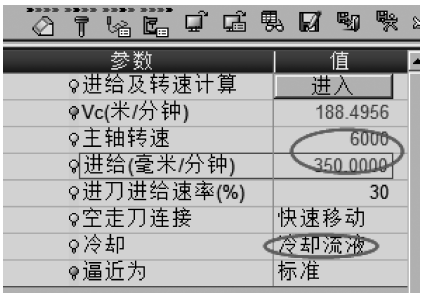


图 3-140　机床参数设定

10. 模拟所有程序

单击向导条上【机床仿真】图标，在出现的窗口中选择所有程序到模拟序列，其他按照图 3-142 所示进行。

进入到模拟界面，单击【运行】按钮，模拟最终结果如图 3-143 所示，在模拟过程中没有出现过切和碰撞提示。

11. 保存文档

单击工具条【保存】按钮，在出现的窗口输入文件名，并给定合适的存档位置，再单击浏览器上的【保存】按钮完成文件的保存工作。为了防止突然掉电等意外情况，建议在练习的过程中进行文件的保存。

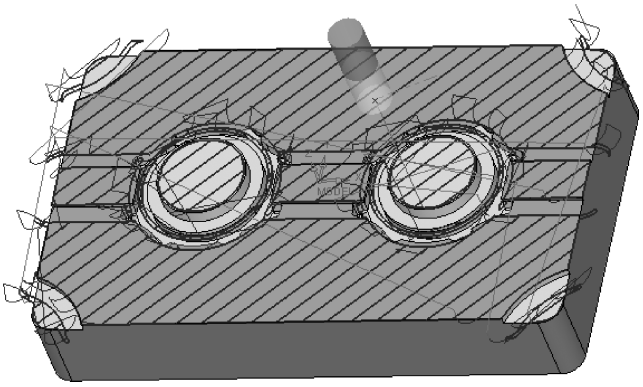


图 3-141　精铣水平面的刀路轨迹

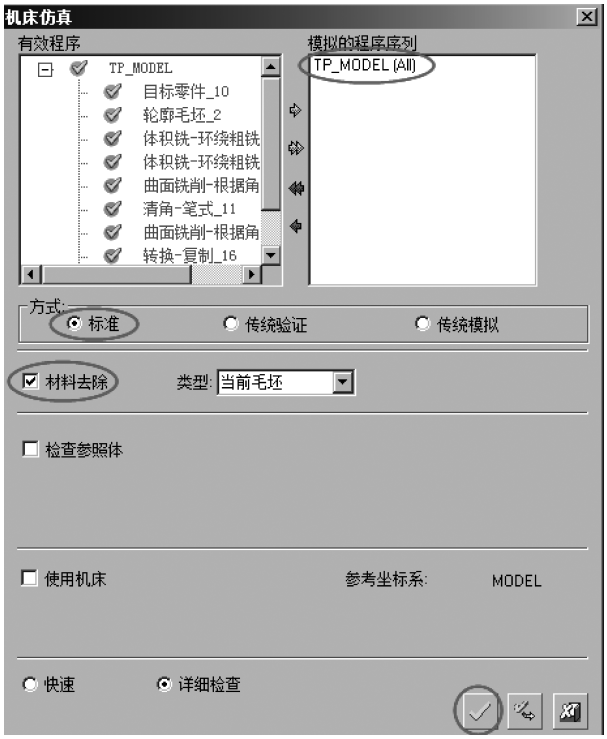


图 3-142　程序模拟的设定

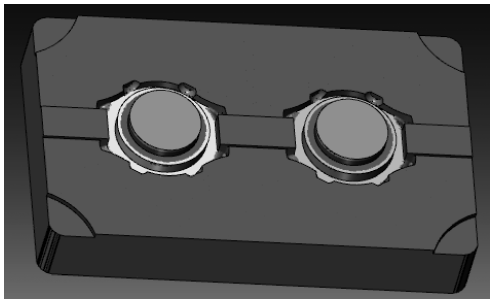


图 3-143　模拟的结果

第4章 3轴局部铣削策略介绍和实践

顾名思义，局部加工就是对零件的局部进行处理，这在实际编程中会经常用到。比如对零件某一个精度要求比较高的面进行加工，或者对实际零件某一处经过修补的面重新加工，此时使用 3 轴局部加工策略就显得非常方便。3 轴局部加工一般用于精加工。单击向导条上的【程序】图标，就可以查看局部加工中的工艺选项，如图 4-1 所示。

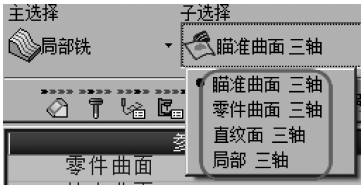


图 4-1　局部加工的工艺选项

4.1　瞄准曲面-三轴

瞄准曲面功能是沿着由目标面确定的轨迹在多个面上创建刀具路径，如图 4-2 所示，瞄准面最实用的是对 STL 格式文件的精加工。

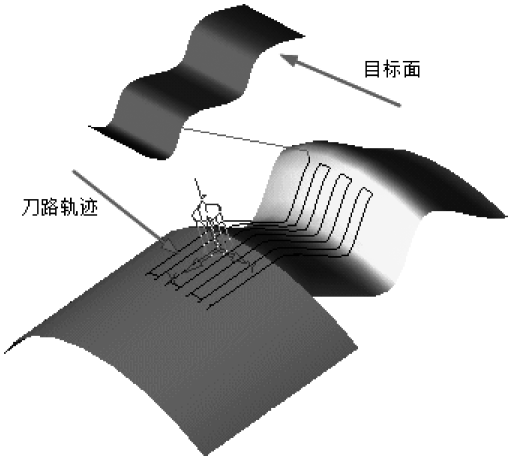


图 4-2　瞄准曲面创建的刀路轨迹

4.1.1 瞄准曲面-三轴的加工对象和轨迹类型

它的加工对象比一般的工艺多一个目标曲面选项，如图4-3所示，目标曲面不单单是曲面，可以是点和线，拾取不同的目标曲面会生成不同的轨迹。

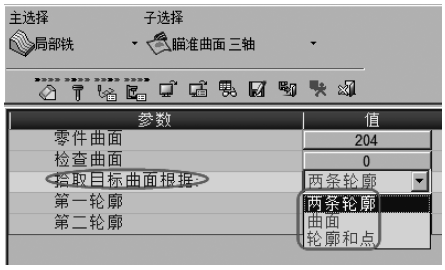
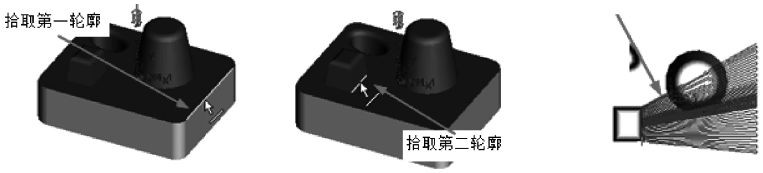


图4-3 瞄准曲面的加工对象

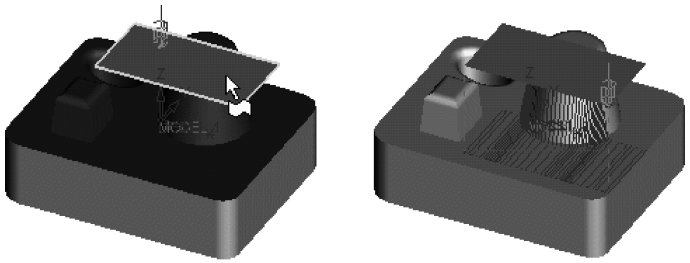
拾取目标曲面可以根据【两条轮廓】、【曲面】和【轮廓和点】，如图4-4a～图4-4c所示是以两条轮廓为目标曲面生成的刀路轨迹，生成的路径在两条轮廓之间。

图4-5是由曲面作为目标曲面生成的刀路轨迹，生成的刀具路径在Z方向上的投影形状和目标曲面一样。



a) b) c)

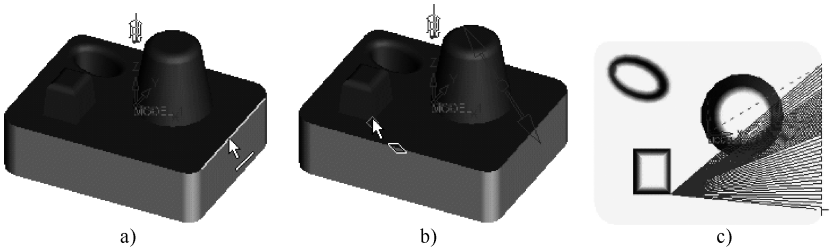
图4-4 由两条轮廓作为目标曲生成的轨迹



a) b)

图4-5 由曲面作为目标面生成的刀路轨迹

图4-6a～图4-6c是以一条轮廓和一个点为目标曲面生成的刀路轨迹，生成的路径在由点和轮廓组成的三角形内。



a) b) c)

图4-6 由轮廓和点作为目标曲面生成的刀路轨迹

4.1.2 瞄准曲面-三轴加工参数

加工参数和以前介绍的策略很多是相同的，不同之处主要表现在进/退刀上，如图 4-7 所示。

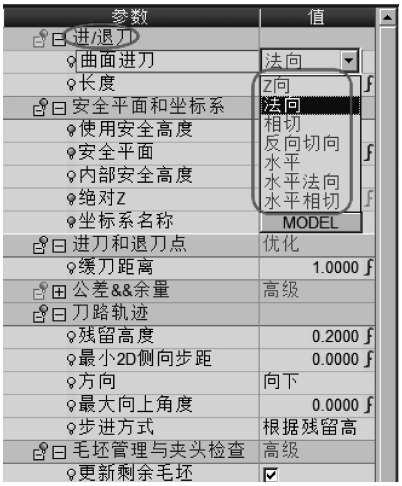


图 4-7 瞄准曲面的进退/刀和其他参数项

瞄准曲面的进/退刀有 7 种方式：

1）Z 向：沿着 Z 方向以进给速度从缓刀距离进入第一个加工点，如图 4-8a 所示。

2）法向：按照指定的长度沿着加工面的法向以进给速度进入加工点，如图 4-8b 所示。

3）相切：按照指定的圆弧半径和加工面相切以进给速度进入加工点，如图 4-8c 所示。

4）方向相切：和相切进刀相反，如图 4-8d 所示。

5）水平：按照指定的长度在水平方向以进给速度进入加工点，如图 4-8e 所示。

6）水平法向：类似法向方式，但法向被投影到了 XY 平面，如图 4-8f 所示。

7）水平相切：以水平方向和加工面相切切入，如图 4-8g 所示。

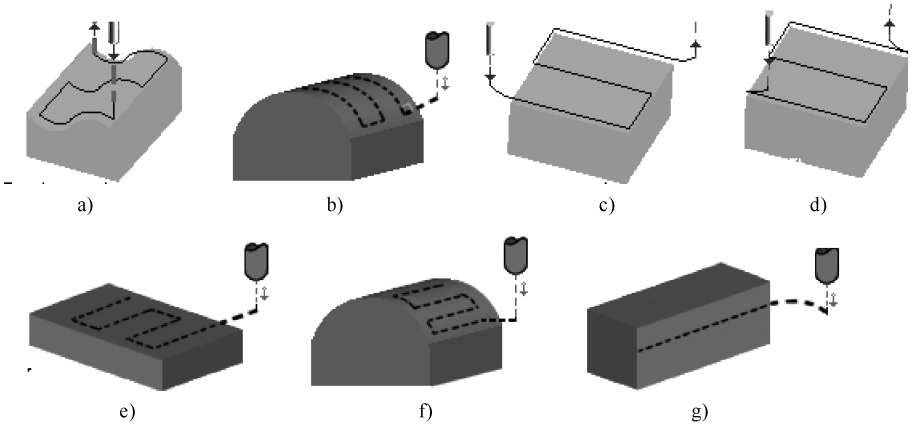


图 4-8 瞄准曲面的进/退刀方式

4.2 零件曲面-三轴

零件曲面-三轴是在相邻的面上生成刀路轨迹，刀路轨迹的走向由选择面的 U、V 方向决定。

4.2.1 零件曲面-三轴的加工对象

零件曲面的加工对象比较简单，只有两个参数：零件曲面和检查曲面，如图 4-9 所示。

“零件曲面”是必选项，但数量不能超过 90 张，“检查曲面”不是必选项，选择数量没有限制。

而且“零件曲面”不能框选，只能手动一个个选择，“检查曲面”则可以框选，也可以通过规则等方法快速选择。

选择零件曲面时会在选择的面上有一个箭头来指示刀具加工的 U、V 方向，如图 4-10 所示，通过单击箭头可以改变加工方向。

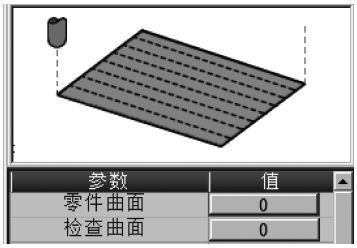


图 4-9　零件曲面- 三轴的加工对象

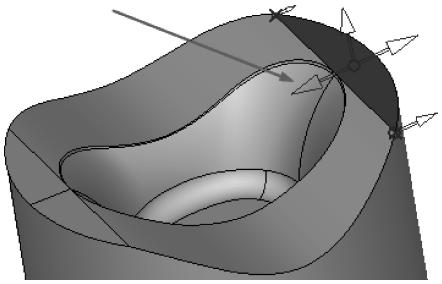


图 4-10　加工的 U、V 方向

4.2.2　零件曲面- 三轴刀路轨迹参数

零件曲面的刀路轨迹参数如图 4-11 所示，后面几项参数不同于其他的策略参数，下面介绍后面几项参数，以前介绍的将被忽略。

1）干涉检查：勾选该项可以防止在加工过程中刀具和零件或者检查面干涉。

2）铣削位置：单击该项可以使刀具位置在加工面的两侧进行切换，如图 4-12 所示，刀具可在加工面不同侧的位置进行加工。

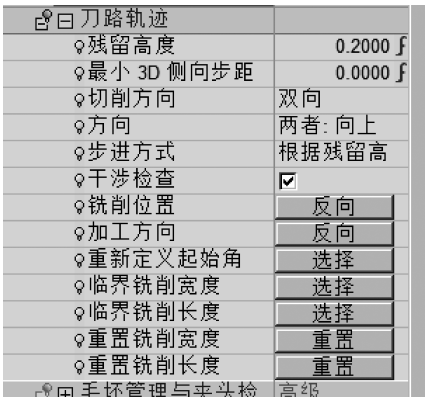


图 4-11　零件曲面的刀路轨迹参数

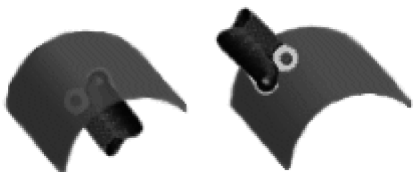


图 4-12　不同的铣削位置

3）加工方向：改变加工的 U、V 方向，如图 4-13 所示。

4）重新定义起始角：改变从加工面那个角点开始加工，如图 4-14 所示，可以通过此命令切换加工从左上角还是左下角开始加工。

5）临界铣削宽度：通过在加工面上拾取两个点来定义铣削的宽度，如图 4-15 所示。

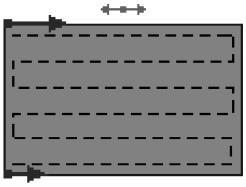


图 4-13　不同的加工方向

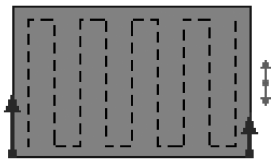


图 4-14　加工的起始角

6）临界铣削长度：通过在加工面上拾取两个点来定义铣削的长度，如图 4-16 所示。

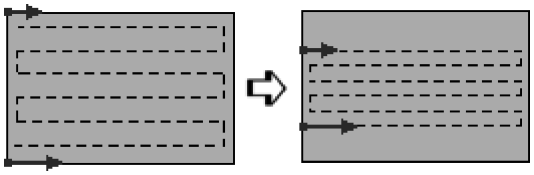


图 4-15　铣削宽度

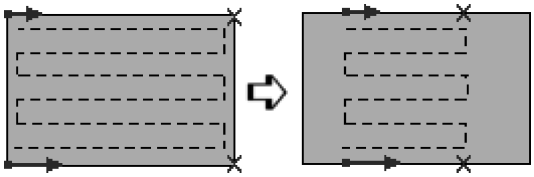


图 4-16　铣削长度

7）重置铣削宽度：取消设定的铣削宽度，改变为加工整个曲面。

8）重置铣削长度：取消设定的铣削长度，改变为加工整个曲面。

4.3　直纹面-三轴

直纹面-三轴是为直面加工所设定的工艺，是在由两条轮廓构成的直纹面上生成 3 轴的加工轨迹，轨迹和构成直纹面的参数线性相关。

4.3.1　直纹面-三轴的加工对象

直纹面的加工对象如图 4-17 所示，它只需要选择轮廓，不需要选择曲面。实际上系统会根据选择的轮廓捕捉到由选择的轮廓生成的直纹面信息，并生成合适的刀路轨迹，不会发生过切。

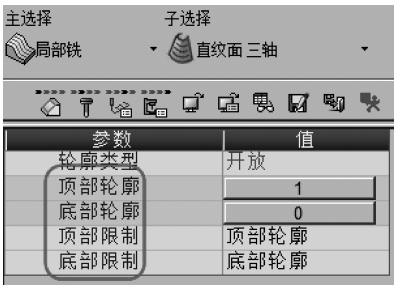


图 4-17　直纹面的加工对象

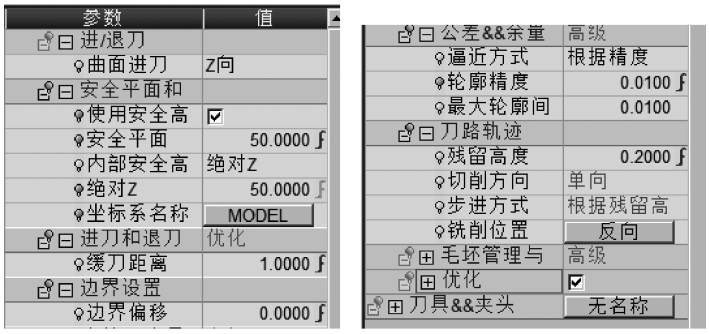
轮廓类型有封闭和开放两种。如果加工的曲面是开放的就选择开放轮廓，如果是封闭的就选择封闭轮廓，不管是哪种类型的轮廓，两个轮廓包含的线条数必须相等。

为了防止过切到其他面或者限制加工范围，直纹面的加工对象有时候需要设定【顶部限制】参数和【底部限制】参数，【顶部限制】参数后面有【顶部轮廓】、【平面】和【Z 顶面】三个选项供选择，【底部限制】参数后面有【底部轮廓】、【平面】和【曲面】三个选项供选择。

4.3.2　直纹面-三轴的加工参数

直纹面的加工参数和以前的相比没有特别的，如图 4-18 所示，读者只要把前面的内容

掌握了，直纹面的参数也就好掌握了。



a) b)

图 4-18　直纹面-三轴的加工参数

4.4　局部-三轴

局部-三轴，是从 CimatronE9 版本开始才有的加工策略，功能强大，编程灵活，应用范围广。它的界面和后面的航空铣加工策略的界面相似，学好它可为后面的多轴加工打下坚实基础，这部分和第 3 章一样是本书的重点。

图 4-19　进入局部-三轴编程

进入局部-三轴编程界面，如图 4-19 所示，设定好主选择和子选择后，单击【刀路参数】图标，再单击箭头所示的【进入】按钮，即可进入到局部-三轴的编程界面。

如图 4-20 所示是局部-三轴的参数设置控制面板，下面会介绍控制面板上各个功能参数的含义。

4.4.1　曲面路径

曲面路径包含四部分：模式、区域、工艺和曲面质量，它们担负不同的加工任务。

1. 模式

模式是用来定义加工所采用的方式，加工模式包括以下 7 种：平行铣、沿曲线切削、两曲线之间仿形、平行于曲线、曲线投影、两曲面仿形和平行于曲面。

（1）平行铣　平行铣的刀路轨迹所在的截面是互相平行的，轨迹截面的方向由两个角度确定，一个是在 XY 方向的角度，另一个是 Z 方向的角度，如图 4-21 所示，不同设置会有不同结果。

1）如果 XY 平面内的加工角度设置成 0°、Z 平面内的加工角度为 90°，刀路轨迹截面就平行 Y 轴，如图 4-22a 所示。

2）如果 XY 平面内的加工角度设置成 90°、Z 平面内的加工角度为 90°，刀路轨迹截面

就平行 X 轴，如图 4-22b 所示。

3）如果 XY 平面内的加工角度设置成 0°、Z 平面内的加工角度为 0°，就会产生一个封闭的刀路轨迹，每层刀路轨迹之间 Z 方向的距离是一个常数，如图 4-22c 所示。

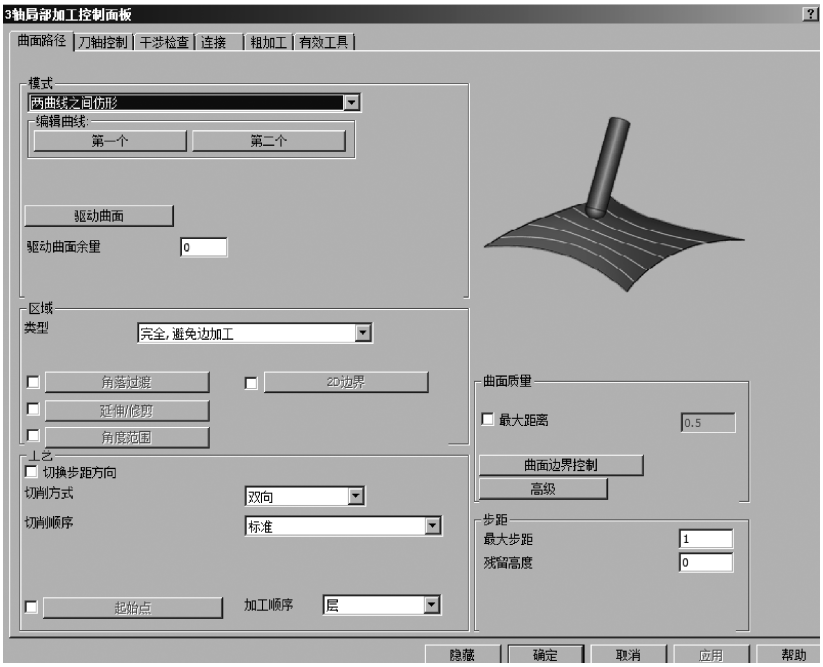


图 4-20　局部-三轴加工控制面板

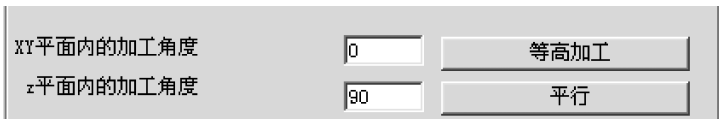
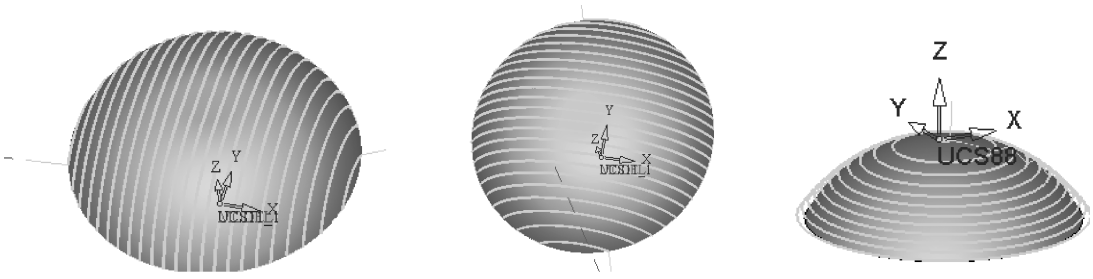


图 4-21　设置平行铣的加工角度



a)　　b)　　c)

图 4-22　加工角度不同影响轨迹截面方向

平行铣的加工对象是驱动曲面，单击【驱动曲面】按钮即可去选择加工面，加工余量在【驱动曲面余量】参数里设置。

（2）沿曲线切削　沿曲线切削的刀路轨迹方向和选择的曲线垂直，如图 4-23 所示，这

就意味着如果选择的导动曲线不是直线，则刀路轨迹是不平行的。

图 4-23　沿曲线切削加工模式

沿曲线切削的加工对象是一条引导线和驱动曲面，必须选择，否则系统不会算出刀路轨迹。

（3）两曲线之间仿形　曲线之间仿形的刀路轨迹在选择的两曲线之间生成，如图 4-24 所示，轨迹特点是靠近曲线的刀路轨迹形状和曲线类似，中间逐渐过渡。

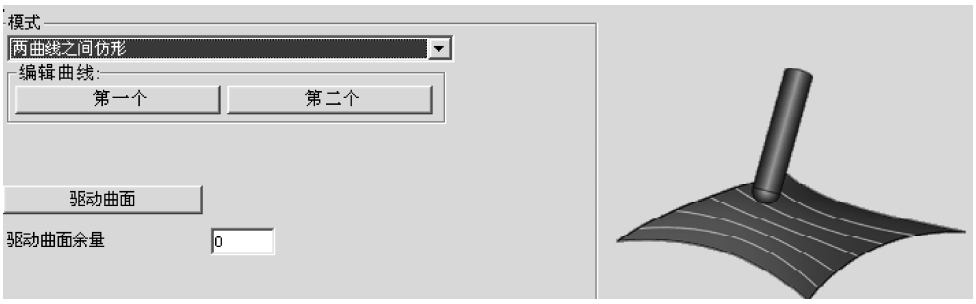


图 4-24　两曲线之间仿形加工模式

两曲线之间仿形的加工对象是两条曲线和驱动曲面，都是必选项。

（4）平行于曲线铣　平行于曲线铣的刀路轨迹平行于选择的引导轮廓曲线，如图 4-25 所示，圈 1 指示的是导引线，圈 2 指示的是刀路轨迹，邻近的刀路轨迹皆平行于导引线。

图 4-25　平行于曲线铣模式

平行于曲线铣的加工对象是一条引导线和驱动曲面，选择导引线时，一定在加工面的边上选择，否则就会产生错误的轨迹。

（5）曲线投影　曲线投影的刀路轨迹和选择的曲线形状一样，如图 4-26 所示。

图 4-26　曲线投影加工模式

曲线投影的加工对象是一条曲线和驱动曲面，选择的曲线可以在加工面上，也可以离开一段距离，通过【最大投影距离】参数控制选择的投影曲线是否有效。

（6）两曲面仿形　两曲面仿形的刀路轨迹在两个曲面之间并沿着驱动面分布，如图 4-27 所示，轨迹两端的形状和两张曲面与驱动面的交线类似。

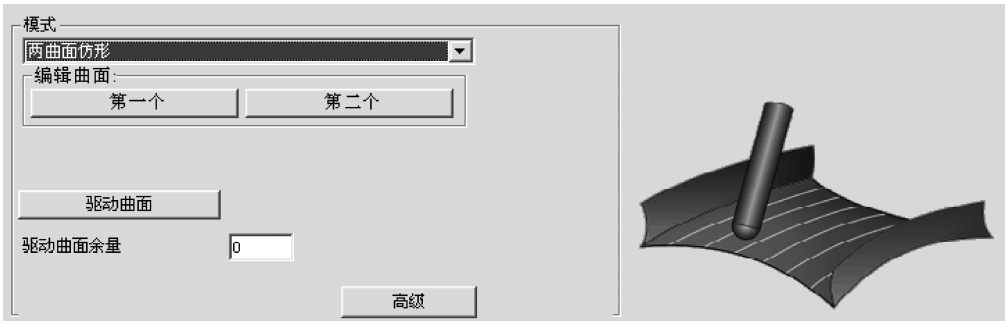


图 4-27　两曲面仿形加工方式

两曲面仿形的加工对象是驱动面和控制轨迹形状及区间的两张面，都是必须要选择的，否则刀路轨迹不会被计算。

（7）平行于曲面　平行于曲面的轨迹平行于所选择的导引面，如图 4-28 所示，编程时必须选择一张控制刀路轨迹形状的面和驱动面，底部那张面是与刀路轨迹平行的面。

图 4-28　平行于曲面加工模式

【提示】：曲面驱动余量可以给负值，这样可以把加工模型缩小，负余量不要超过刀具直径，如果打算超出直径，请在【有效工具】选项里设置轴向移动来实现。

2. 区域

区域包括指定加工类型、角落过渡、轨迹延伸/裁剪和2D边界。

（1）类型　用来定义刀具在驱动曲面上的加工范围，加工模式不同，出现的选项也不同，但最多有4种类型可以选择：【完全，避免边加工】、【完全，曲面起始边和最终边加工】、【根据切削数量】和【以一点或两点限制切削】，它们的效果分别如图4-29a～图4-29d所示。

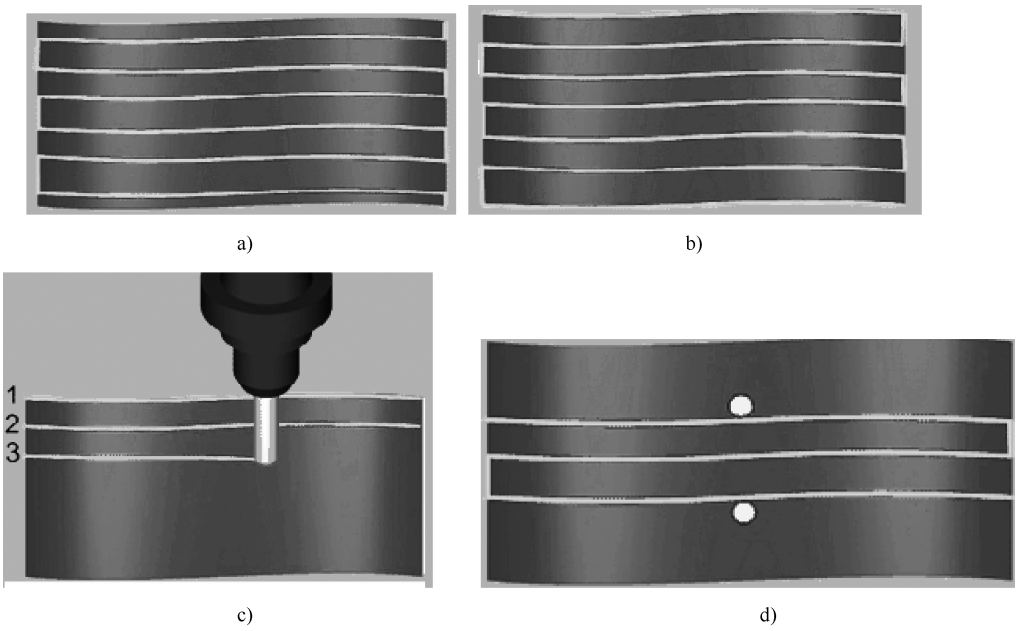


图4-29　区域类型

（2）角落过渡　通过打开这个选项可以在模型里发现最小半径或没有倒圆角的棱边，并清除掉在此处产生的类似“鱼尾”形状的刀路轨迹。

勾选并单击面版上【角落过渡】按钮，显示如图4-30所示的界面，可以在【圆角值】参数后面输入一个数值来指定刀路轨迹拐角半径的大小。

图4-31所示的零件有尖角部位，在不选择【角落过渡】的时候，刀路出现了“鱼尾”形状的刀路轨迹，如图4-32所示的刀路轨迹是把【角落过渡】功能打开时得到的效果。

（3）延伸/修剪　可以对刀路轨迹进行延伸或者修剪；勾选并单击面板上【延伸/修剪】按钮，进入如图4-33所示的设置界面。延伸刀路是沿着轨迹端点的切向直线延伸出驱动曲面，裁减刀路就是按照一定的数值部分地裁掉刀路。输入正值是延伸刀路，输入负值是裁减刀路。裁减和延伸的大小可以通过两个参数来控制：刀具直径的百分比或者是实际的数值。

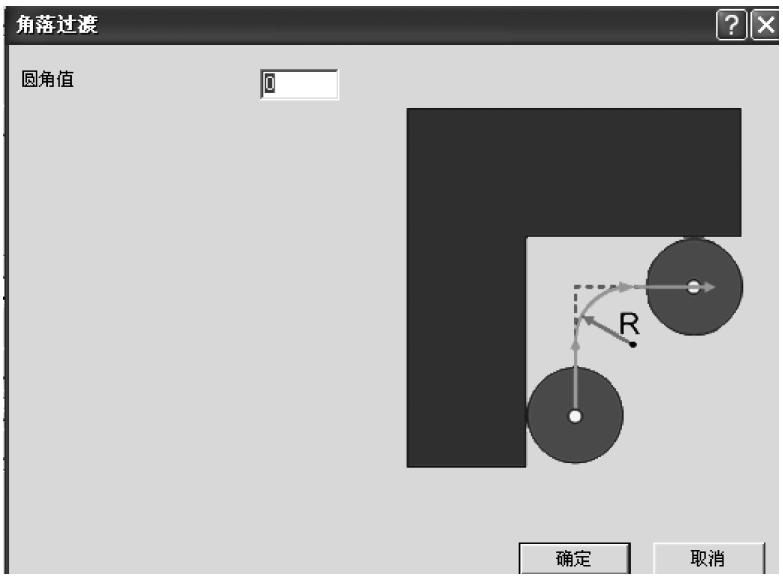


图 4-30　角落圆角值的设定

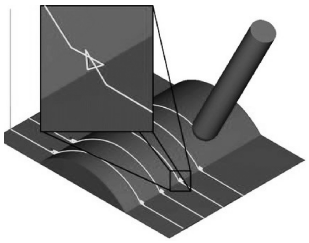


图 4-31　鱼尾状刀路

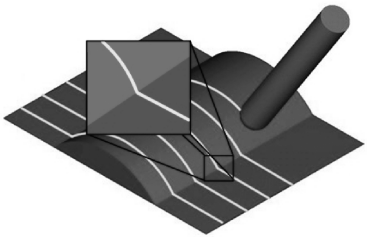


图 4-32　光顺刀路

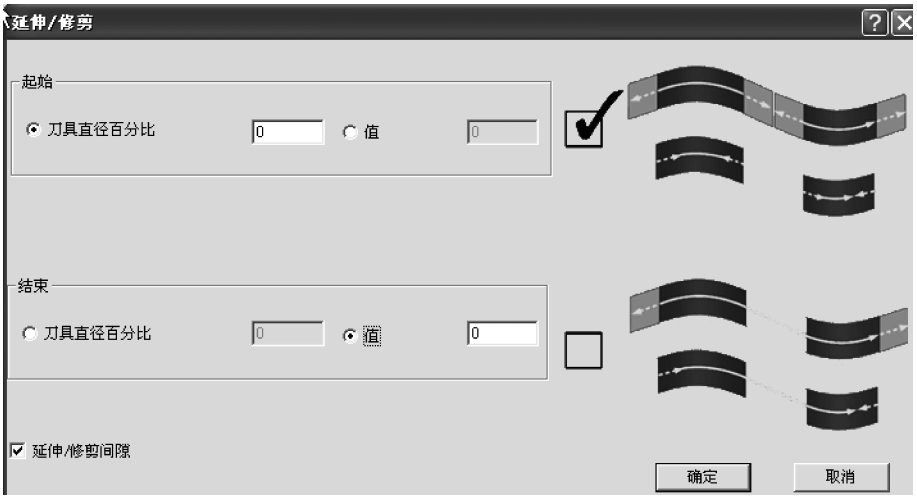


图 4-33　延伸/修剪设定

（4）角度范围　通过角度定义加工范围，勾选并单击面板上【角度范围】按钮，便可以对各项参数进行设定。例如，图 4-34 所示是设定的各项参数，图 4-35 所示是对一个零件的加工结果，没有对整个球面进行加工，只加工 45°～60°的范围。

图 4-34　角度范围参数设定

（5）2D 边界　通过一条封闭的 2D 边界和视图投影方向决定加工范围，勾选并单击【2D 边界】按钮出现如图 4-36 所示的面板，其工作原理是按照投影方向把 2D 包容曲线投影到驱动曲面上，用投影线把刀路进行裁剪，可以选择多个 2D 边界。

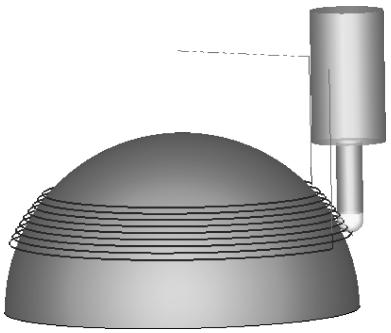


图 4-35　通过角度范围限制加工区域

3. 工艺

在这个参数项里，可以对加工的切削方式、切削顺序、加工的起始点进行设置。

（1）切换步距方向　此选项用来改变加工方向，对于封闭轮廓的铣削通过切换步距方向可以使刀具从外或者从内进行加工，对于开放区域可以把加工方向从一端改变到另一端，如图 4-37 所示。

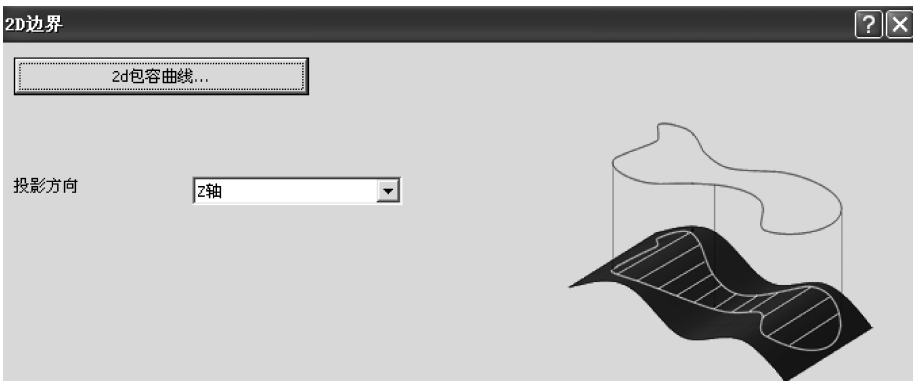


图 4-36　2D 边界控制面板

（2）切削方式　定义刀具加工时的切削方式，有三个方式可供选择：双向、单向和螺旋铣。

1）双向：刀具来回铣削，相当于我们以前说的混合铣削。

2）单向：刀具总是以一个方向铣削，可以选择顺铣或者逆铣。

3）螺旋铣：是单向铣削的特殊形式，在驱动曲面产生一个螺旋形状的刀路轨迹，加工效果优于单向铣削方式。

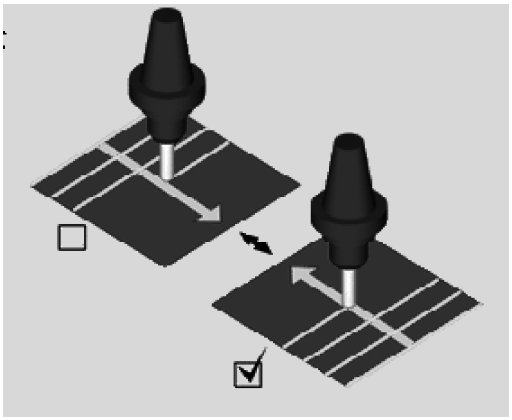


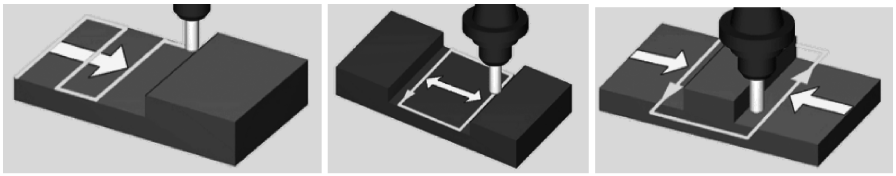
图 4-37　切换步距方向

（3）切削顺序　定义的是刀具的切削次序，可以设置成标准、由中心向外和由外向内三种方式。

1）标准：设置的是默认的切削顺序，刀具从一端加工到另一端，如图 4-38a 所示。

2）由中心向外：刀具将从驱动曲面的中心向外加工，如图 4-38b 所示。

3）由外向内：刀具将从驱动曲面的外部向内加工，如图 4-38c 所示。



a)　b)　c)

图 4-38　切削顺序三种方式

刀具的切削方式设置为螺旋铣的时候，此时切削顺序选项处于非激活状态，这是和它用于加工封闭的驱动曲面有关。

（4）单向切削方向　这个参数只有在上面切削方式参数为单向或者为螺旋铣时才被激活可用，共有 4 个选项：顺铣、逆铣、顺时针和逆时针，其中顺铣和逆铣由主轴旋转方向和刀具移动方向之间的关系来确定，而顺时针和逆时针则和主轴旋转方向无关。

（5）强制切削方向（设定封闭轮廓）　此选项也是在切削方式为单向或者为螺旋铣时才被激活可用。勾选它可以把一个开放轮廓当做封闭轮廓来使用。

（6）起始点　定义在驱动曲面上的起始加工的位置和随后加工的位置，勾选并单击【起始点】按钮，进入如图 4-39 所示界面，有【进刀点设置】和【起始点应用于下列选择中】两个参数选项。

1）位置：通过拾取零件几何面上的点或者给定坐标值来定义起始加工的位置。选择的点如果不在驱动曲面上，系统会自动搜索与之最近的点，单击【…】按钮即可拾取点或者输入坐标。

2）曲面法向：通过一个矢量方向来定义加工的起始点，可以输入数值或者选择一条直线来确定起始位置，曲面在起始点的法向和设定的矢量方向一致或者非常接近。

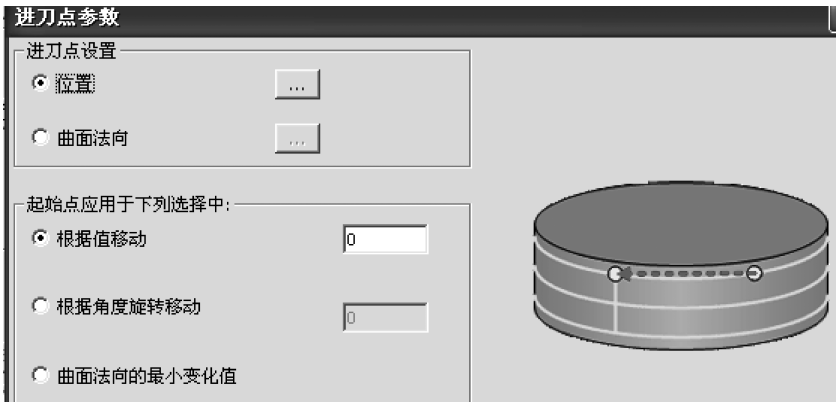
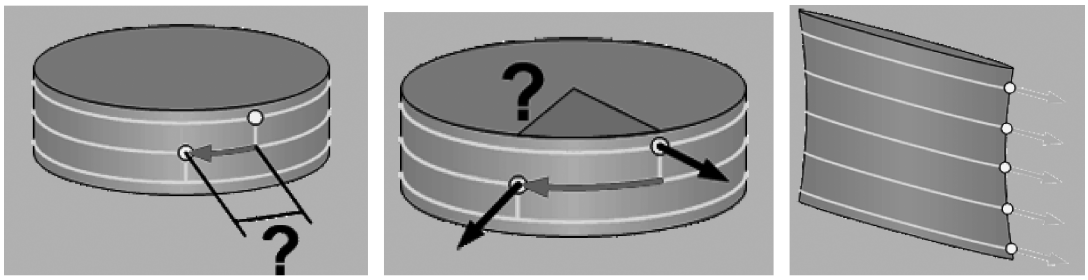


图 4-39　进刀点参数设置面板

3）根据值移动：通过在【根据值移动】选项右侧输入值来定义后续加工起始点移动的多少，如图 4-40a 所示。

4）根据角度旋转移动：通过在【根据角度旋转移动】选项右侧输入角度值来定义后续加工起始点移动的多少，如图 4-40b 所示。

5）曲面法向的最小变化值：选中这个选项可以使每层加工的起始点的法向变化是最小的，很多时候是一致的，如图 4-40c 所示。



a)　　b)　　c)

图 4-40　起始点的控制选项

（7）加工顺序　在加工多个区域时，通过这个选项来决定是根据区域还是层来加工。

1）根据区域：多个区域单独加工，也就是加工完一个区域后再去加工另一个区域，如图 4-41a 所示。

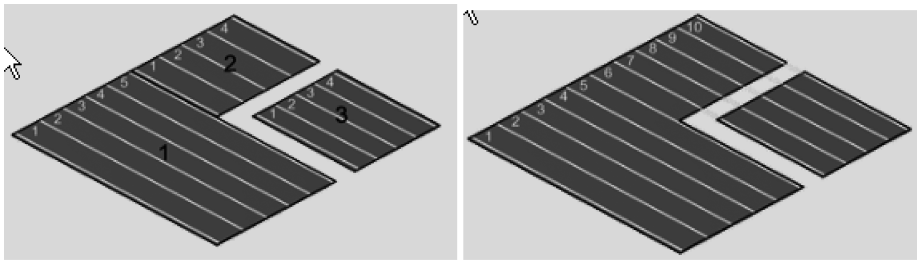
2）根据层：多个区域不是单独加工，把多个区域视为一个区域加工，如图 4-41b 所示。

4. 曲面质量

可以控制刀路轨迹点的数量，进而控制曲面的加工质量。

（1）最大距离　它控制的是在驱动曲面上生成的刀路点数，当希望在驱动曲面（包括平面）上得到更多的轨迹点数时，勾选这个选项，然后输入更小的值。对于曲面，轨迹点数越多，加工的质量越好，如果不勾选，曲面加工的质量将由驱动曲面公差和最大角度步距来决定。

（2）曲面边界控制　这里有两项内容需要设置，一个是融合有间隙的刀路轨迹，一个



a) b)

图 4-41　加工区域

是保持外部尖角边。单击【曲面边界控制】按钮，则会出现如图 4-42 所示的参数界面。

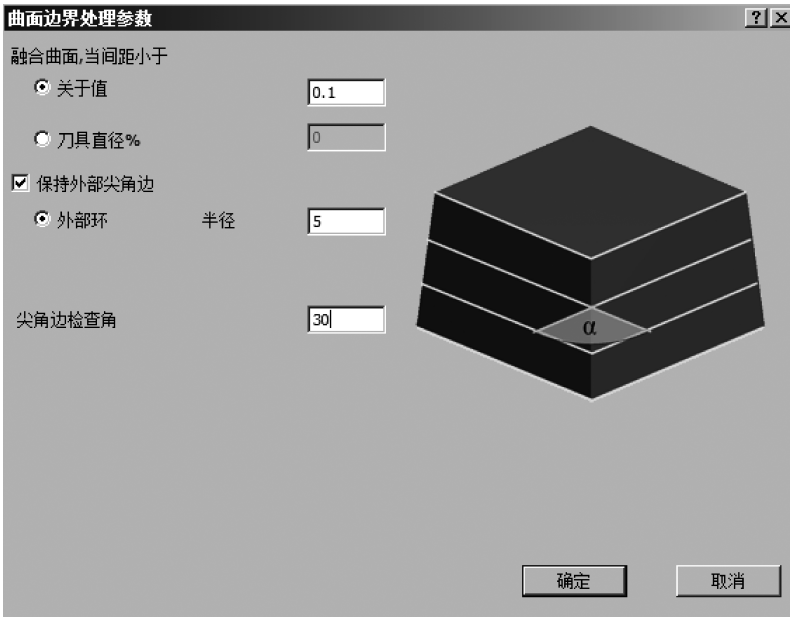


图 4-42　曲面边界控制参数

1）融合曲面，当间距小于：可以直接输入一个数值，也可以输入刀具直径的百分比，其目的是把在有间隙的驱动曲面上生成的刀路轨迹进行合并，这样可以减少抬刀，输入的数值比间隙大，刀路轨迹就可以合并在一起。

2）保持外部尖角边：此选项用来保护驱动曲面上的尖角边。通过输入圆角值来定义刀路轨迹从尖边走过时的圆弧的大小，如图 4-43 所示。

（3）高级　包括设置刀路轨迹点的串连公差、创建缓冲安全路径和优化切削三个选项。

1）串连公差：设置的是系统识别正确的刀路轨迹点的范围，如图 4-44 显示出了不同的公差计算轨迹的结果，图 4-44a 所示的是串连公差小计算的刀路轨迹，图 4-44b 所示的是串连公差大计算的刀路轨迹。

2）创建缓冲路径：勾选这个选项，可以使有拐角的刀路轨迹更加平缓。

3）优化切削：勾选这个选项，可以对刀路轨迹进行优化，加工步距随着驱动面的弯曲

程度自动调整，能达到更好的加工效果。

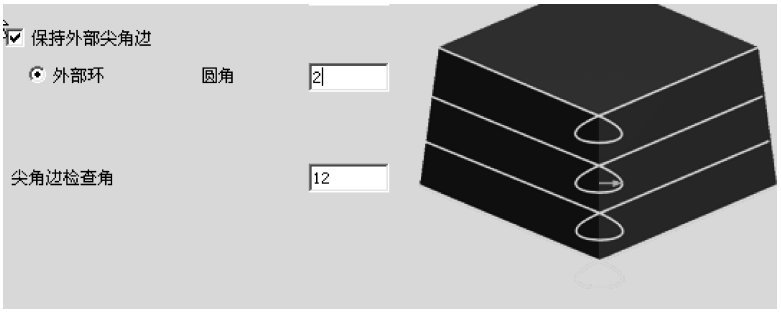
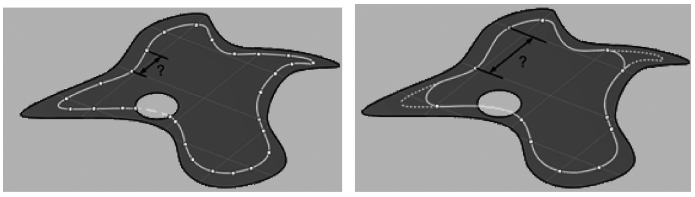


图 4-43　保持外部尖角边



a)　　b)

图 4-44　串连公差对刀路轨迹的影响

5. 步距

有最大步距和残留高度两个参数，用来控制刀路轨迹之间的疏密程度。

（1）最大步距　指定两条刀路轨迹之间的最大距离，距离越小加工质量越好。

（2）残留高度　对使用球刀和牛鼻子刀具有效，通过输入两条轨迹间的残留高度来控制最大步距。使用球刀编程时，残留高度和最大步距是相关的，改变一个另一个会跟着改变，残留高度越小加工效果越好。

4.4.2　刀轴控制

刀轴控制面板如图 4-45 所示，在 3 轴编程里，局部-三轴的刀轴控制比较简单，输出格式只有一个 3 轴选项，意味着使用局部-三轴至多是 3 轴的联动加工。

在刀轴控制面板上有一个【刀具运行】参数，它用来控制加工过程中刀具和导动曲面的接触点，使用不同的接触点会产生不同的刀路轨迹，其后共有 5 个选项，各个选项的含义：

（1）自动　系统自动寻找刀具和导动曲面的接触点，根据情况可以是刀具中心和驱动曲面接触，也可能是刀具圆角处和驱动曲面接触。

（2）刀具中心　刀具中心（也就是端面的回转中心处）和驱动曲面接触，为了避免造成的干涉应该把干涉检查打开。

（3）刀具半径　类似自动控制接触点选项，系统总是维持刀具和导动曲面的相切，不同的是，对于牛鼻子刀具，此选项不会使刀具中心和导动曲面接触，如图 4-46 所示。

（4）刀具前端　类似【刀具中心】选项，刀具总是以一个固定的点和曲面接触，刀具也有可能切入到驱动曲面，同样需要设置干涉检查来使刀具沿着刀轴方向退出。

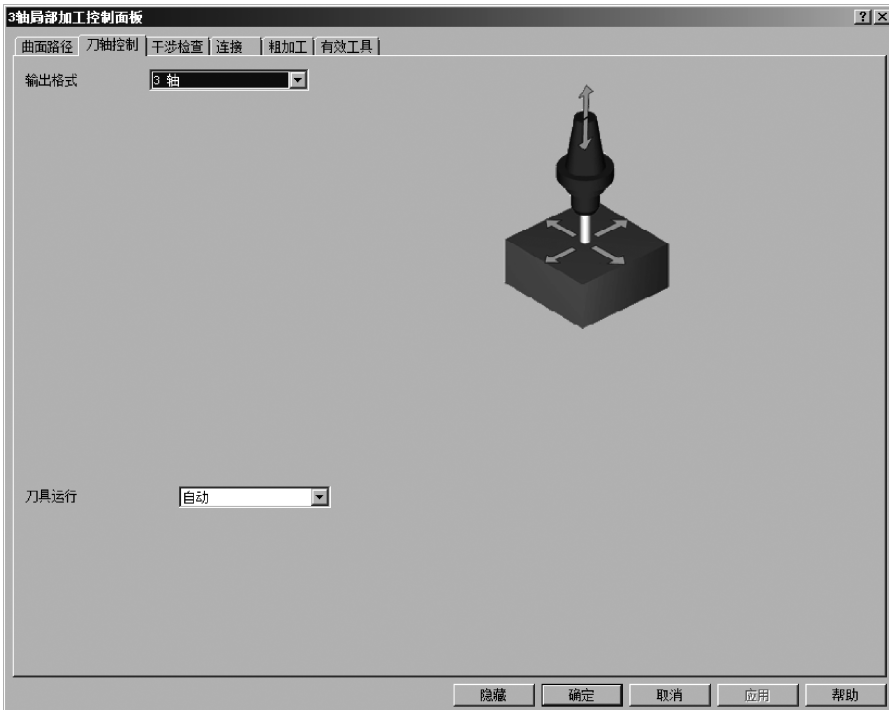


图 4-45　刀轴控制面板

（5）自定义点　允许用户通过输入数值来确定接触点。可以使用“前移值”和“侧向移动”两个参数来定义刀具和曲面的接触点。

1）前移值：在加工方向上移动接触点，移动的数值可正可负，相对于加工方向正值使刀具前移一段距离，负值使刀具后移一段距离，如图 4-47a 所示。

2）侧向移动：在加工方向的侧向移动接触点，移动的数值可正可负，相对于加工方向正值使刀具左移一段距离，负值使刀具右移一段距离，如图 4-47b 所示。

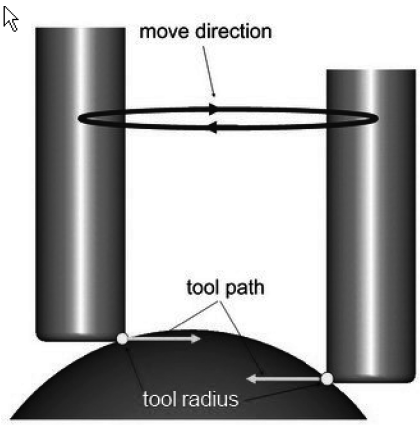
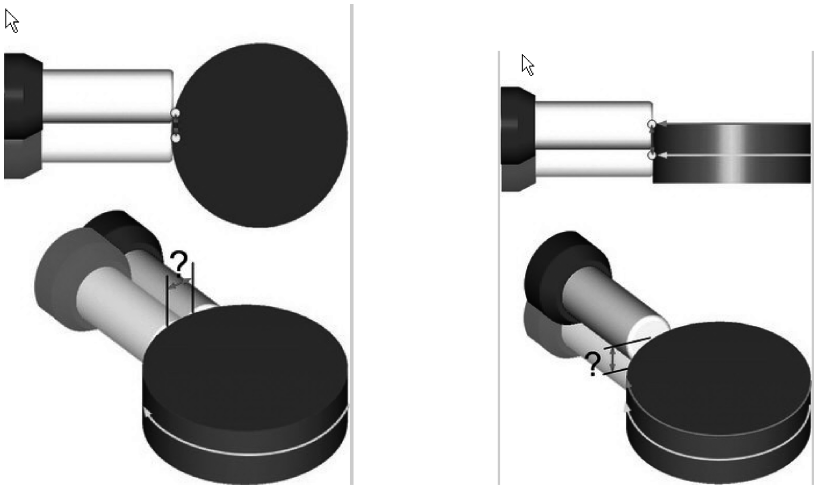


图 4-46　刀具半径接触

4.4.3　干涉检查

干涉检查控制面板如图 4-48 所示，干涉检查主要关注刀路轨迹的有效产生和定义一些可能存在的与刀具和夹头等干涉的几何曲面。如果干涉几何存在，系统就可以根据干涉检查面板上的参数和策略来解决干涉问题，干涉检查支持所有的刀具类型。

在干涉检查的控制面板里，最多可以设置四个不同情形的干涉检查，检查过的刀路轨迹接着会用来做下一情形的干涉检查，可以满足复杂零件的加工，控制面板上有四个参数：【状况】、【检查】、【策略和参数】和【几何】。



a)　　b)

图 4-47　自定义点接触方式

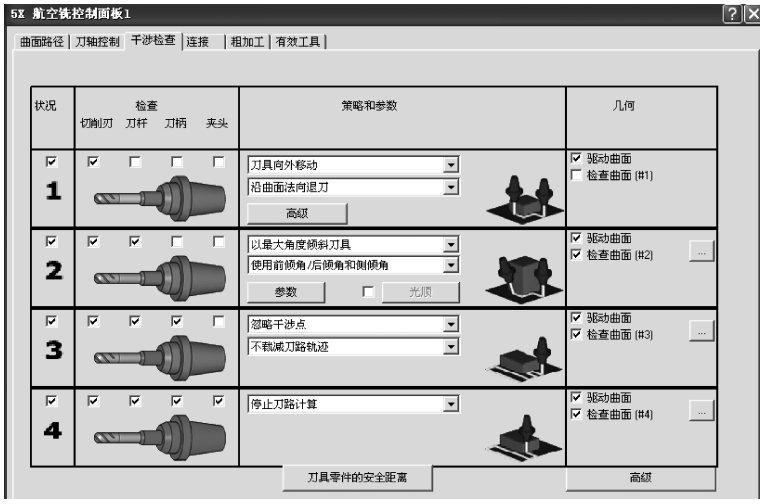


图 4-48　干涉检查面板

1. 状况

具有 4 个独立的控制碰撞操作的情形，从上到下以 1 到 4 进行排列，这样可以在不同干涉部位设置不同的解决策略，比如在第一阶段可以设置为【刀具向外退刀】，在第二阶段设置为【沿着刀轴方向退刀】，在第三阶段设置为【忽略干涉点】，在第四阶段设置为【停止刀路计算】。

2. 检查

此项定义的是刀具哪一部分参与干涉检查，可以设置的选项有：切削刃、刀杆、刀柄和夹头。

（1）切削刃　对切削刃进行检查，勾选会激活这个选项。

（2）刀杆　对刀杆部分进行检查，勾选会激活这个选项。

（3）刀柄　对刀柄部分进行检查，勾选会激活这个选项。

（4）夹头　对刀柄部分进行检查，勾选会激活这个选项。

在设置时，根据实际编程情况进行设置，没必要的检查项不要勾选，因为会消耗计算时间。

3. 策略和参数

这个选项解决的是如果刀具和几何干涉时，刀具是如何避让的，共有 5 种策略选择，如图 4-49 所示。

（1）沿刀轴方向退刀　选择此项策略，当刀具和检查面发生干涉时，刀具会沿着刀轴方向退刀。

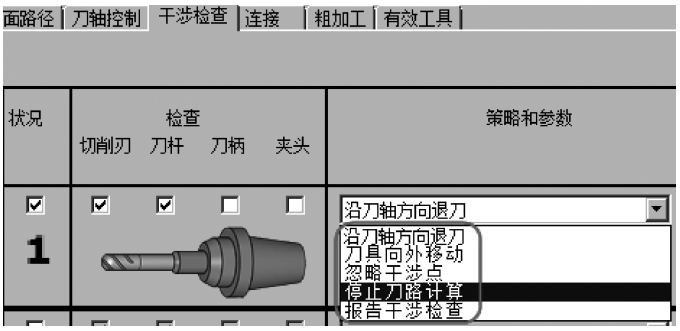


图 4-49　3 轴加工干涉应对策略

（2）刀具向外移动　选择此项策略，当刀具和检查面发生干涉时，系统会使刀具向外移动，比如沿着 X、Y、Z 轴方向移动刀具，具体移动方式有 17 个子选项，如图 4-50 所示。

（3）忽略干涉点　使用此功能可以把与检查面干涉的刀路轨迹从整个刀路轨迹中裁减掉。它下面还有 6 个子选项，如图 4-51 所示，系统以第一个和最后一个干涉点为界对轨迹进行裁减。

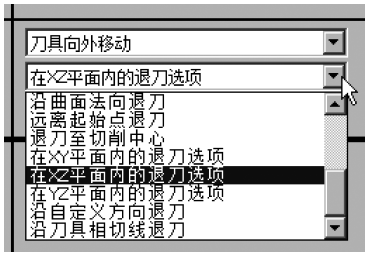


图 4-50　刀具向外移动子选项

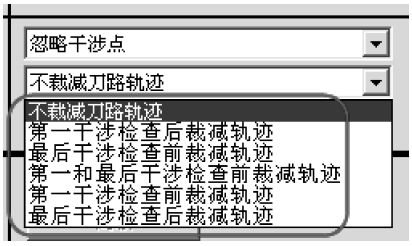


图 4-51　裁减刀路选项

1）不裁减刀路轨迹：刀路轨迹在干涉前和干涉后面的刀路轨迹不被裁减，只是裁减有干涉的部分。典型的例子如图 4-52a 所示，刀具加工的是圆弧面，采用平行于曲线铣加工工艺，三个凸台顶面和侧面是干涉检查面。

2）第一干涉检查后裁减轨迹：刀具在某一个方向切削时遇到干涉时，系统会把第一个干涉点后面的刀路轨迹裁减掉，如图 4-52b 所示。

3）最后干涉检查前裁减轨迹：和【第一干涉检查后裁减轨迹】选项相反，系统会把最

后一个干涉点前面的同一方向的刀路轨迹裁减掉，如图4-52c所示。

4）第一和最后干涉检查前裁减轨迹：系统把第一个干涉点和最后干涉点之间的刀路轨迹裁减掉，如图4-52d所示。

5）第一干涉检查前裁减轨迹：系统把第一个干涉点以前的刀路轨迹裁减掉，如图4-52e所示。

6）最后干涉检查后裁减轨迹：系统把最后一个干涉点以后的刀路轨迹裁减掉，如图4-52f所示。

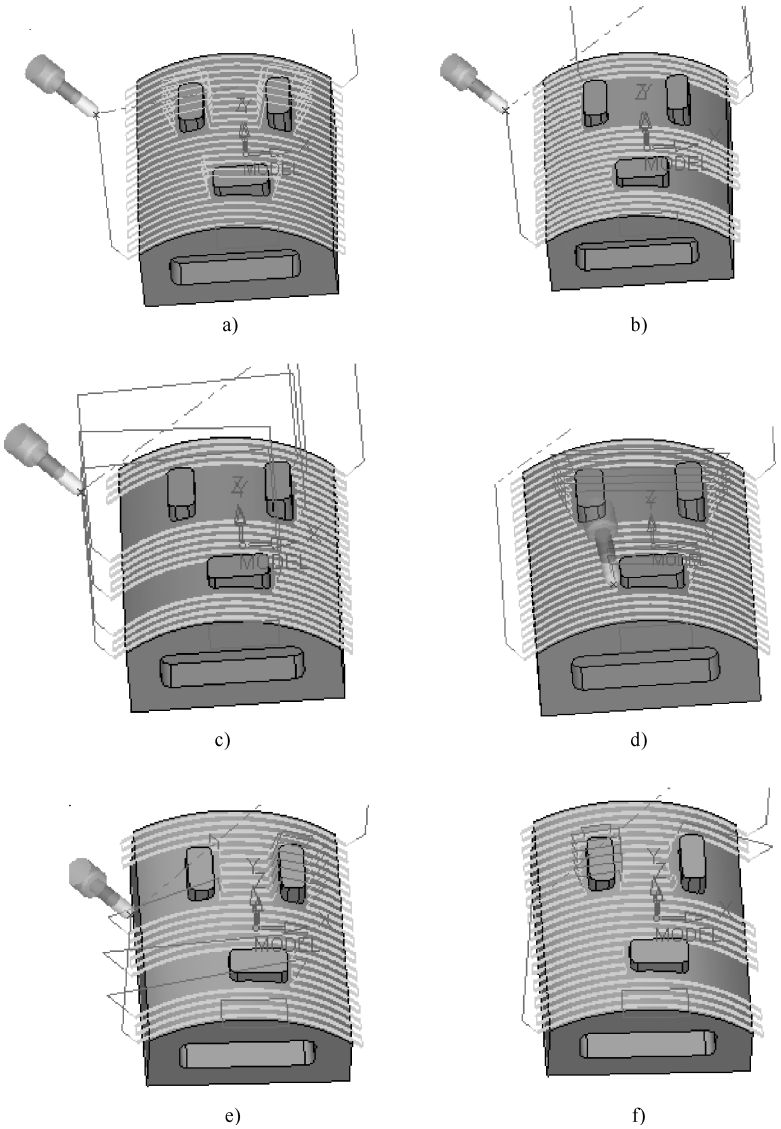


图4-52　裁减刀路6种情况

（4）停止刀路计算　在加工过程中，当刀具和检查面即将发生干涉时系统自动停止后面的刀路计算，如图4-53所示。

（5）报告干涉检查　系统对检查到的干涉部位的刀路轨迹不作任何处理，只是把检测到的干涉信息作为一个报告储存起来，可以在程序里的日志输出或者导航器找到这个报告信息。

4. 几何

用来设置和刀具进行干涉检查的对象，有驱动曲面和检查曲面两个参数，勾选驱动面意味着驱动曲面参与干涉检查计算，保证驱动曲面不被过切。勾选检查曲面，必须点选右侧按钮，去拾取参与干涉计算的曲面，否则系统将不计算，检查曲面可以是零件上的面也可以是零件以外的面，比如夹具等。

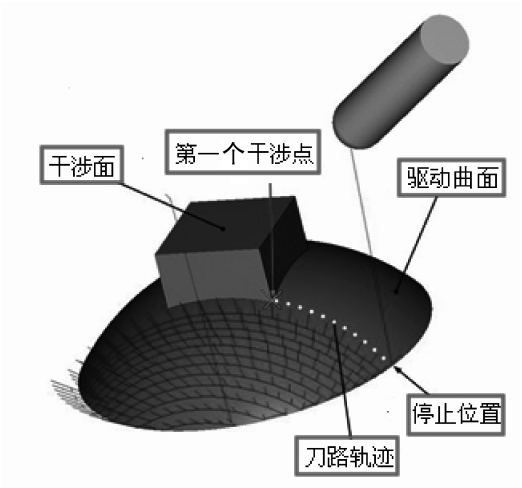
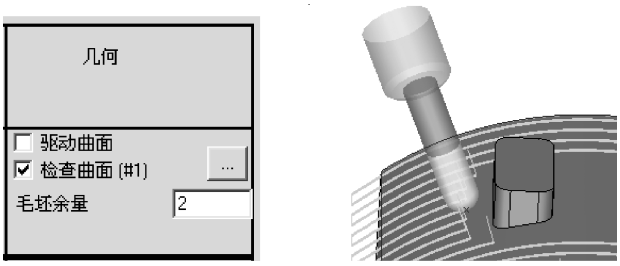


图 4-53　停止刀路计算

【毛坯余量】是针对检查曲面而言，它是刀具与检查面之间的一个安全避开距离，如图 4-54a 所示，毛坯余量设置为 2mm，计算完可以看出刀具已经避开了检查面 2mm，如图 4-54b 所示。



a)　　b)

图 4-54　干涉检查毛坯余量

干涉检查面板下面还有两个重要选项：一个是【刀具零件安全距离】，另一个是【高级】，在【刀具零件安全距离】参数里可以设定刀具各个部分和检查面之间的安全值，在【高级】里可以设定“检查两位置之间的干涉”和“无限延伸刀具”等参数。

4.4.4　连接

设置【连接】是编程的一项重要内容，它主要的任务是设定刀具是如何进入和退出驱动曲面的，包括最初、终了和加工过程中的进、退刀，连接参数的设定面板如图 4-55 所示。

1. 进/退刀

（1）起始进刀　起始进刀定义的是两方面的内容：一个是第一时间刀具从何处开始进入驱动曲面，另一个是刀具以何种进刀类型进入驱动曲面。默认刀具是从安全区域进入加工面，进刀位置有 4 种选项，如图 4-56 所示。

图 4-55　连接参数的设定面板

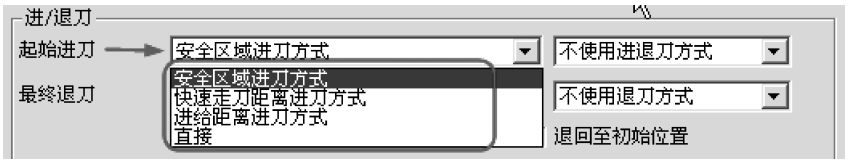


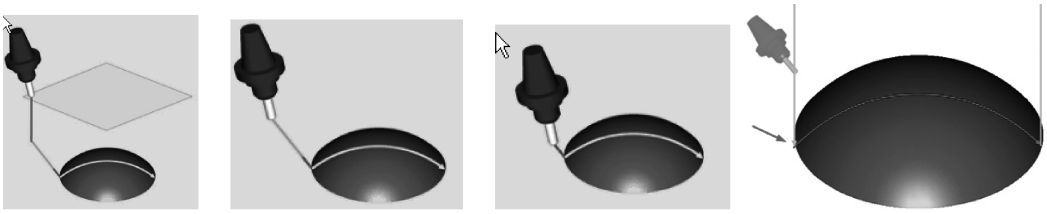
图 4-56　进刀设置界面

1）安全区域进刀方式：默认的是此选项，刀具以后面的介绍的【安全区域】设定的连接类型和距离进刀，如图 4-57a 所示。

2）快速走刀距离进刀方式：刀具从设置的【快速距离】处进入加工面，如图 4-57b 所示。

3）进给距离进刀方式：刀具从设置的【进给距离】处进入加工面，如图 4-57c 所示。

4）直接：刀具直接以快速进给速度到达开始加工点，如图 4-57d 所示。



a)　b)　c)　d)

图 4-57　起始进刀方式

在图 4-55 的【起始进刀】选项最右侧有一个对话框，通过使用倒三角按钮可以在【使用进刀方式】和【不使用进刀方式】之间进行切换。选择【使用进刀方式】意味着刀具进刀类型可以定义，单击图中的按钮 ... 即可进入选择进刀类型选项界面；【不使用进刀方式】

意味着刀具进刀类型不能定义。

（2）最终退刀　定义两方面内容，一个是刀具加工完毕后退到何位置，另一个是以何种类型退刀，其退刀位置共有 5 种选择，如图 4-58 所示。

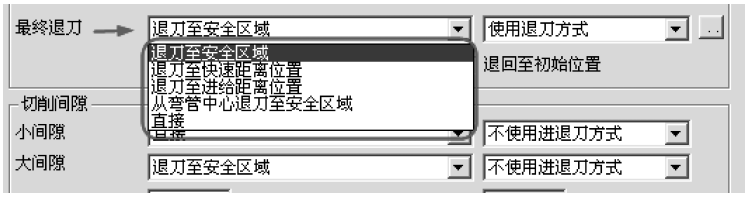


图 4-58　最终退刀设置

退刀位置有 4 项和【起始进刀】一样，最终退刀参数多了一个【从弯管中心退刀至安全区域】选项，意味着刀具将从弯管的中心退刀，用在弯管类零件的加工里，退刀类型的设定和进刀是一样的。

2. 切削间隙

设置的是刀具在加工过程中遇到间隙时路径轨迹是如何连接的，如图 4-59 所示。间隙有大间隙和小间隙之分，可以使用两种方式来区别：一个是通过刀具尺寸的百分比，比如可以设置小于刀具直径的 20% 为小间隙，另一个是指定一个数值。

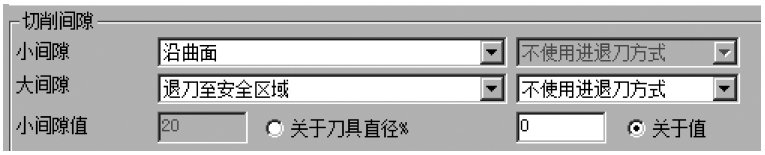


图 4-59　间隙连接设置

大间隙和小间隙的连接形式相如图 4-60 所示，有 7 个不同的可选项。

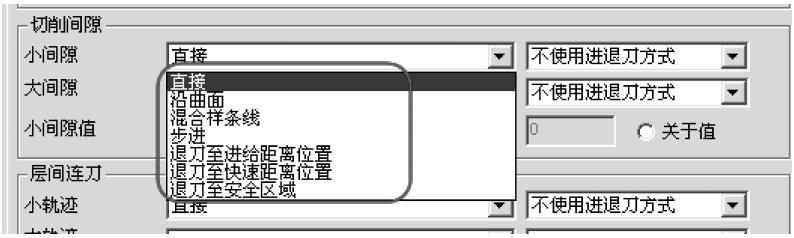


图 4-60　间隙连接的形式

（1）直接　刀具在遇到间隙时就会以最短直线距离按照进给速度到间隙的另一侧继续加工，如图 4-61a 所示。此连接形式有时候会发生干涉，需要设置干涉检查。

（2）沿曲面　刀具在遇到间隙时试图去跟随加工的几何，如图 4-61b 所示，端刃都经过上面的驱动面后才下落去加工下面的曲面。

（3）混合样条线　刀具在遇到间隙时以相切形式离开驱动曲面，再以相切形式进入间隙另一侧的驱动曲面，刀路轨迹比较光顺，如图 4-61c 所示。

（4）步进　是对混合样条线这种连刀形式进行的改进，把连接变成了水平和垂直线段，走刀速度是进给速度，如图 4-61d 所示。

（5）退刀至进给距离位置　刀具退到在【安全距离】设置的进给距离位置去连刀，走刀速度是进给速度，如图 4-61e 所示。

（6）退刀至快速距离位置　刀具退到在【安全距离】设置的快速距离位置去连刀，走刀速度开始是进给速度，越过进给距离后变为快速速度，如图 4-61f 所示。

（7）退刀至安全区域　刀具退刀到编程时设置的安全平面位置进行连接，走的距离是最长的，但安全性比较高，如图 4-61g 所示。

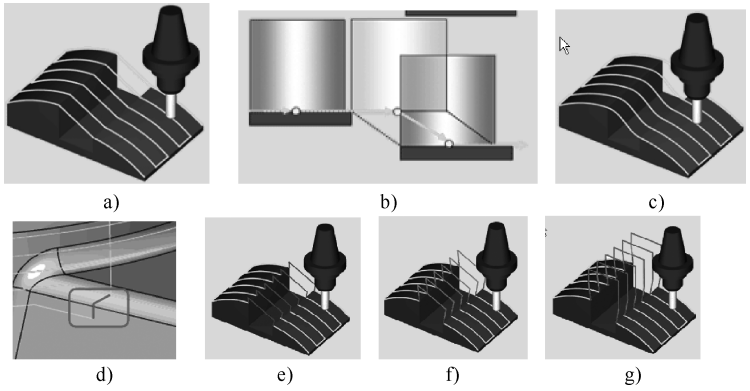


图 4-61　间隙连刀类型

间隙处连接也有是否使用进退刀方式的选项，编程时可根据实际情况进行选择。

3. 层间连刀

用于设置同一层刀路轨迹之间的连接，如图 4-62 中箭头所示。所有参数含义和以上介绍的一样，在此不再赘述。

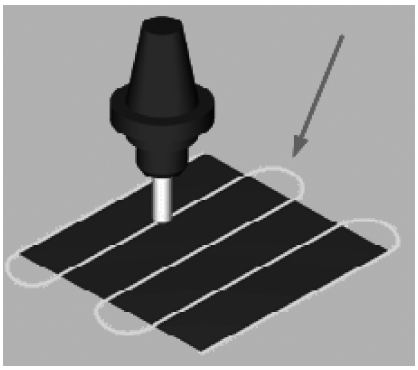


图 4-62　层间连接

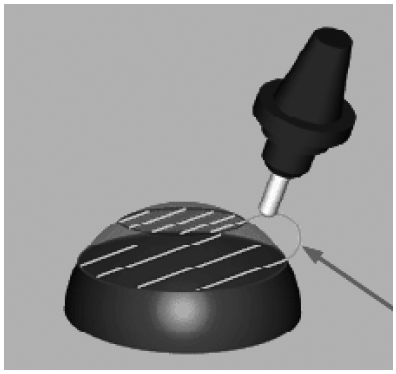


图 4-63　行间连接

4. 行间连刀

设置的是刀路开粗时每层或者行之间的连接类型，如图 4-63 中箭头所示。只有在【粗加工】控制面板把【多行开粗】等选项打开时此项才能被激活，这里的参数也与上面一样，在此不再赘述。

5. 安全区域

安全区域指的是刀具在空走刀时不致于碰到毛坯或工件的区域，刀具在安全区域是以快速移动的，单击【安全区域】按钮，可以打开安全区域设置面板，如图 6-64 所示，安全区域有三种类型：平面、圆柱和球面，类型不同参数也有所不同。

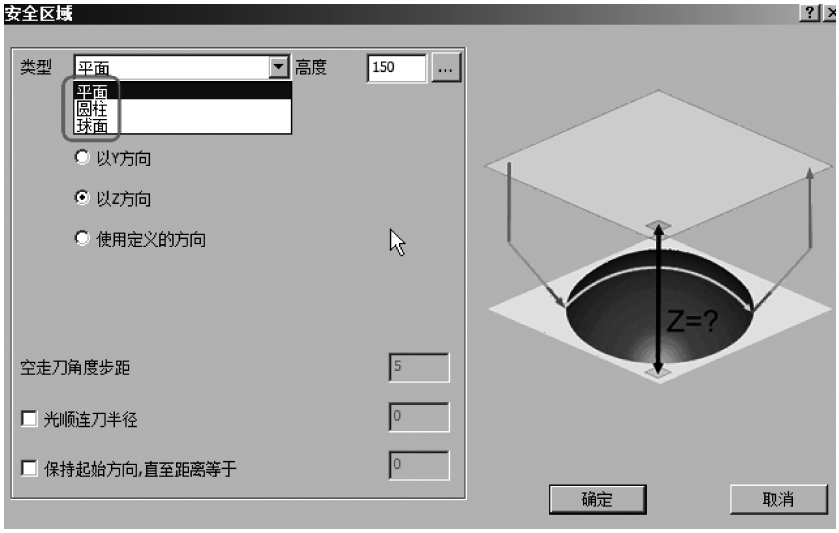
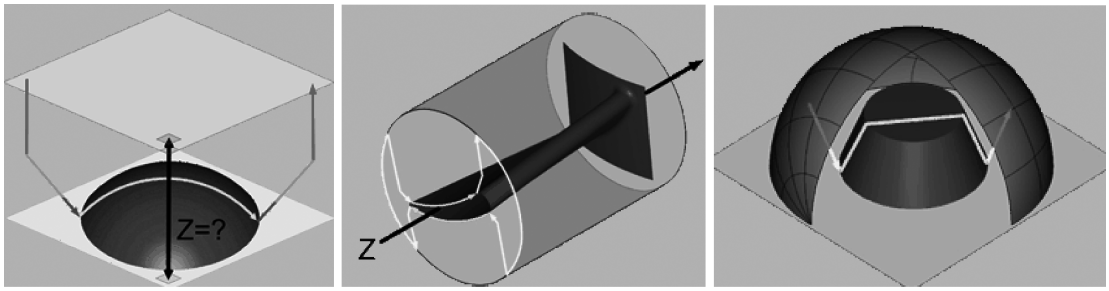


图 4-64　安全区域设置面板

（1）平面　空走刀时刀具在平面上移动，如图 4-65a 所示。

（2）圆柱　空走刀时刀具在圆柱面上移动，如图 4-65b 所示。

（3）球面　空走刀时刀具在球面上移动，如图 4-65c 所示。



a)　　b)　　c)

图 4-65　安全区域类型

6. 默认进退刀方式

此项功能用来定义刀具进入和退出驱动曲面的路径连接类型。进刀和退刀类型可以单独定义不同的方式，也可以通过面板上的【复制】按钮定义成相同的方式。

单击图 4-55 中【默认进退刀方式】按钮即可进入“进刀类型”参数设置界面，单击界面中【类型】参数右侧倒三角按钮可以显示出十种不同的进刀方式，如图 4-66 所示。退刀类型和进刀一样，也有十种同样的选项，除了【反向垂直的螺旋轨迹】选项，其余的选项

在面板上都有清晰的图片进行示意，容易理解，在此不做解释。图 4-67 是【反向垂直的螺旋轨迹】进刀的例子。

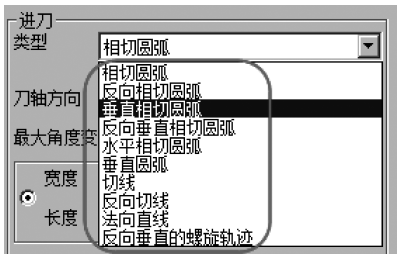


图 4-66　进刀类型

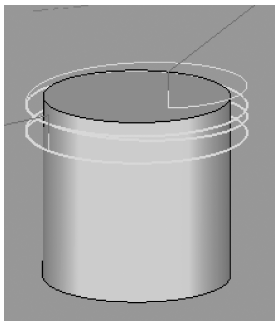


图 4-67　反向垂直的螺旋轨迹

7. 安全距离

定义刀具接近或者退出加工点的那段距离，有【快速距离】、【进给距离】和【空走刀安全距离】三个参数，如图 4-68 所示。图中带有问号“?”的那段距离是快速距离，它包含了【进给距离】的长度，刀具在进给距离这段轨迹走的是 G01。

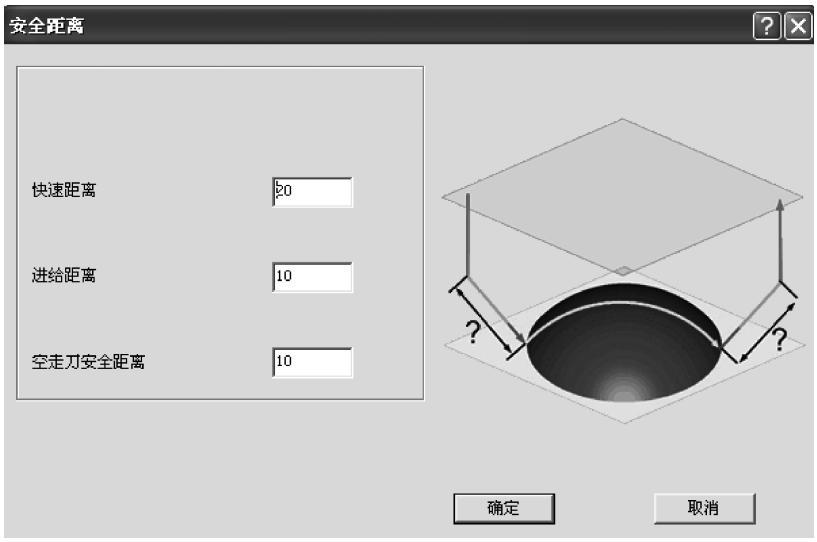


图 4-68　安全距离参数设置面板

4.4.5　粗加工

如果通过精加工工艺不能对模型的局部加工到所需要的精度，这时需要【粗加工】中的一些功能来辅助实现，局部加工的粗加工参数设置面板如图 4-69 所示。

1. 毛坯定义

勾选后可以为加工定义毛坯形状。对于粗加工，毛坯的主要作用是裁减掉多余的空切刀路。单击【毛坯定义】按钮，拾取毛坯曲面即可完成对毛坯的定义。

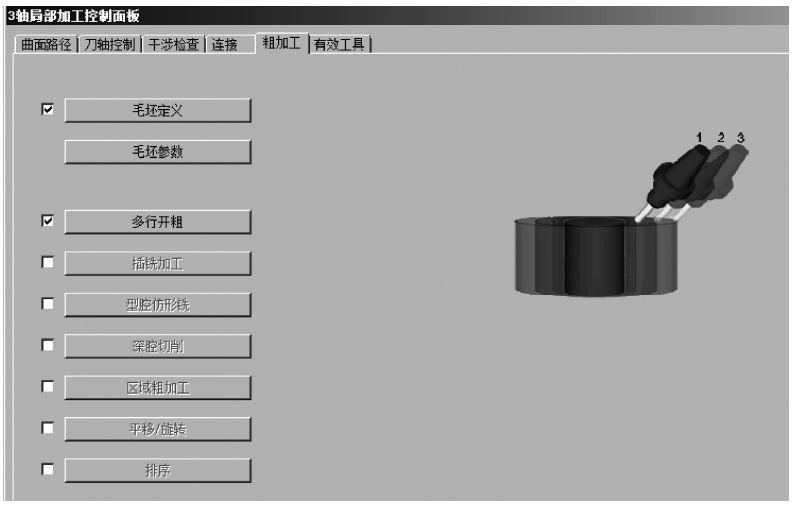


图 4-69　局部加工的粗加工参数设置面板

2. 毛坯定义参数

只有勾选【毛坯定义】选项时此功能才被激活，单击【毛坯定义参数】按钮出现如图 4-70所示的参数界面。

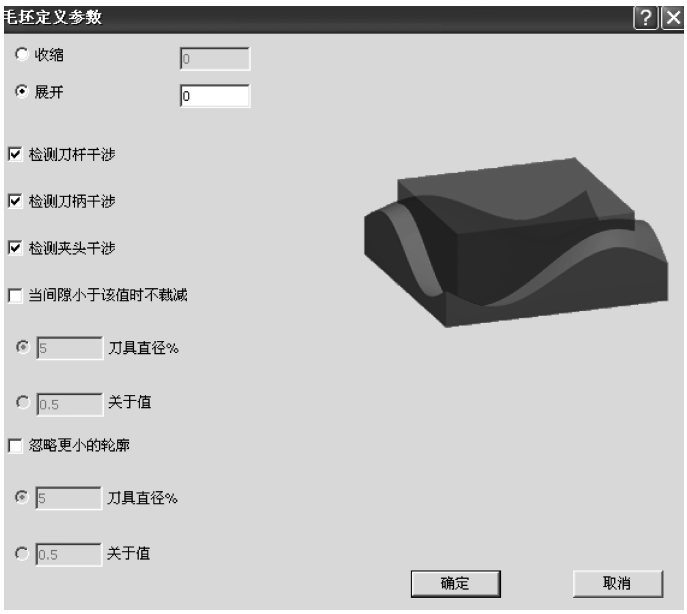


图 4-70　毛坯定义参数界面

（1）收缩和展开　对毛坯的三维尺寸进行放大和缩小，通过在其右侧输入数值来实现。

（2）检查刀杆干涉　打开此选项时，刀路路径包含刀杆和毛坯干涉的运动轨迹。

（3）检查刀柄干涉　打开此选项时，刀路路径包含刀柄和毛坯干涉的运动轨迹。

（4）检查夹头干涉　打开此选项时，刀路路径包含夹头和毛坯干涉的运动轨迹，生成的轨迹会更多一些。

（5）当间隙小于该值时不裁减　当毛坯间隙小于给定值时不裁减刀路轨迹，有时可以避免更多的抬刀。可以直接给定数值或者用刀具直径的百分比来定义间隙的大小。

（6）忽略更小的轮廓　打开此选项，可以把尺寸比较小的毛坯忽略掉，这样能提高加工效率，直接给定数值或者用刀具直径的百分比来定义轮廓的大小。

3. 多行开粗

此功能可以把当前的刀路轨迹在同一个驱动曲面上生成多行轨迹，行与行之间的步进方向沿着驱动曲面的法向，而和刀轴方向无关，单击【多行开粗】出现如图 4-71 所示的界面。

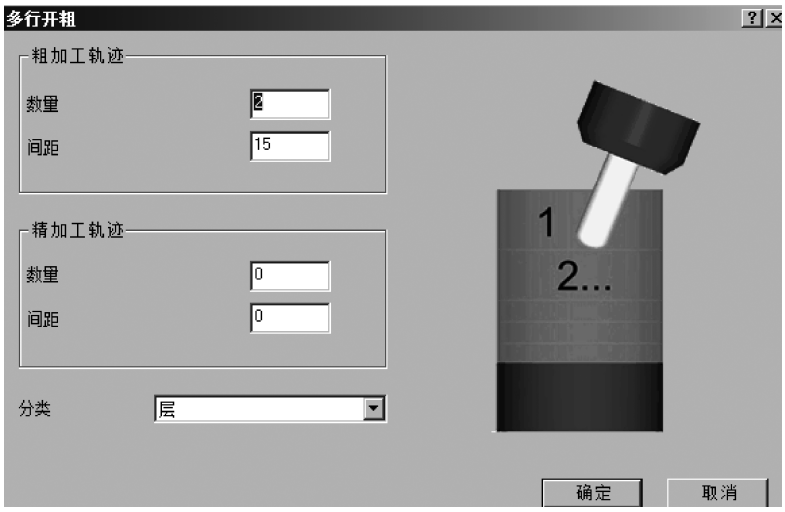


图 4-71　多行开粗参数

（1）粗加工轨迹　设置行的数量和行间距，可用于驱动曲面上毛坯比较大的场合。

（2）精加工轨迹　设置行数和行间距，可用于毛坯不大的场合。此选项也可以和【粗加工轨迹】一起使用，这样可以在粗加工后紧接着进行精加工。粗加工间距一般较大，精加工间距较小。

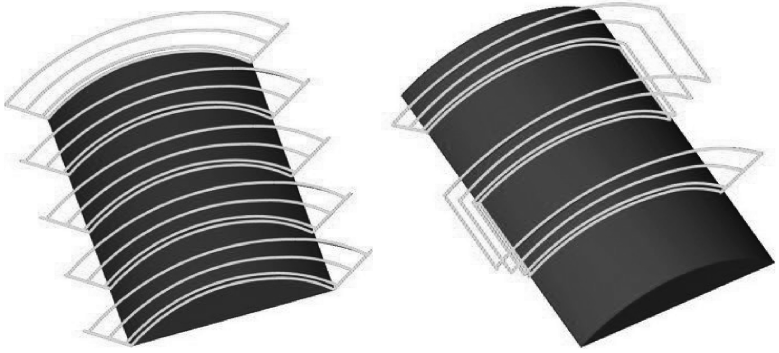
（3）分类　其后有【行】和【层】两个选项，使用【层】和【行】结果有明显不同，【层】是从毛坯开始加工到驱动曲面后再进行下一个循环，如图 4-72a 所示，图 4-72b 显示的是使用【行】生成的轨迹，可以看出它们的明显区别。

4. 插铣加工

此功能允许刀具沿着它的刀轴方向插向驱动曲面进行加工，单击【插铣加工】按钮，显示如图 4-73 所示的参数设置界面。【步长】相当于侧向步距，【插入高度】相当于插入的深度，【滑动长度】指的是刀具沿着【步长】方向退回的距离，应该小于【步长】。

5. 型腔仿形铣

用于简单的型腔加工，驱动曲面不仅要选择型腔也要选择封闭的侧壁面。如图 4-74 所示的是“型腔仿形铣”参数面板。



a)　　b)

图 4-72　粗加工中的层与行

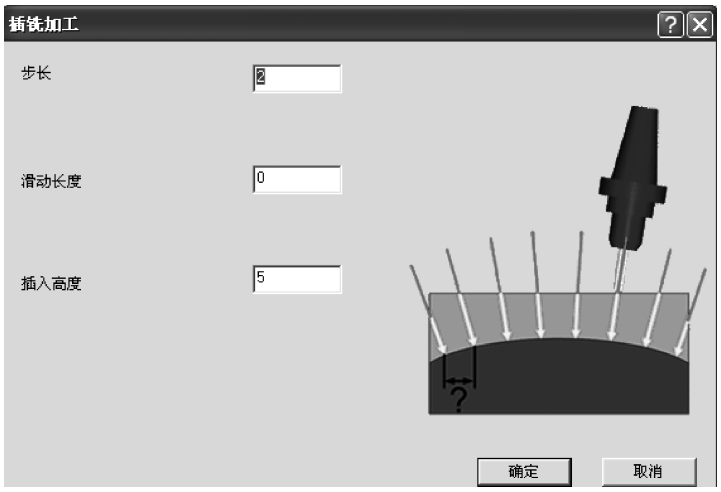


图 4-73　插铣加工参数

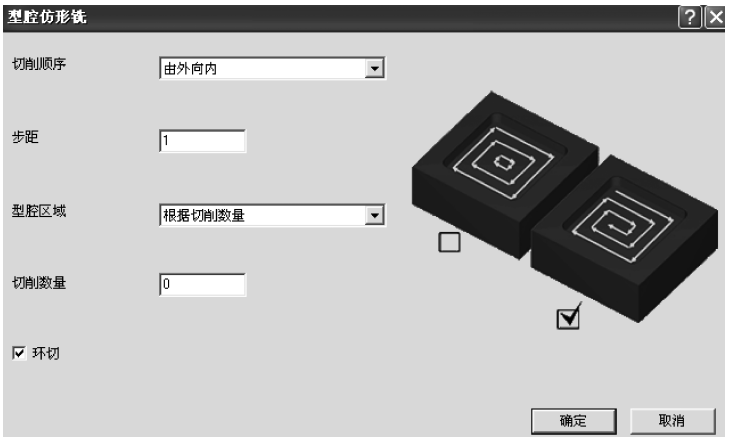


图 4-74　“型腔仿形铣”参数面板

（1）切削　顺序定义刀具是从内向外还是从外向内进行加工。

（2）步距　每行刀路轨迹之间的最大距离。

（3）型腔区域　有【完全】和【根据切削数量】两个选项。【完全】是整个槽都会加工，【根据切削数量】选项可以限定加工的行数。选中此项，下面会出现【切削数量】选项，以便对加工的行数进行定义。

（4）环切　勾选它可以使刀具以环线的方式进行切削。

6. 深腔切削

虽然和前面所述的【多行开粗】选项一样都用于粗加工，但是它和【多行开粗】选项有明显不同，它用于在刀轴方向上分层加工，其参数面板如图 4-75 所示。

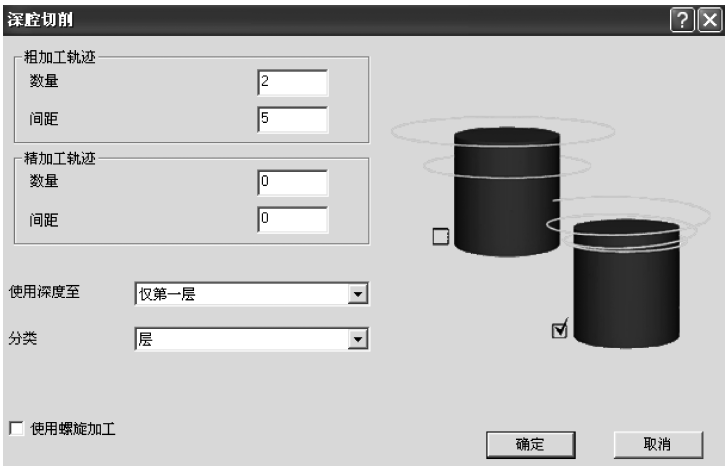
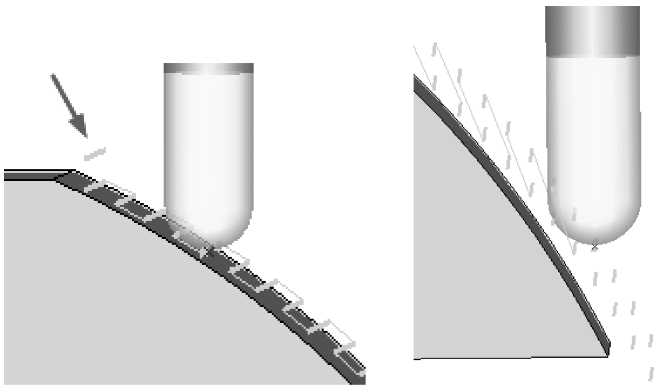


图 4-75 “深腔切削”参数面板

深腔切削参数面板中的【粗加工轨迹】、【精加工轨迹】以及【分类】选项和【多行开粗】中的参数一样，这里不再赘述。

（1）使用深度至　有两个选项：【仅第一层】和【仅第一行】。【仅第一层】是刀具仅在第一条刀路分层加工，如图 4-76a 中箭头所示；【仅第一行】是整个刀路轨迹都分层加工，如图 4-76b 所示。



a)　　b)

图 4-76　深度参数

（2）使用螺旋加工　此功能可以使用螺旋形状的轨迹加工封闭零件，勾选它可以激活此功能。

【提示】：深腔切削和多行开粗有很大的不同的。多行开粗是从面的法向方向一层层加工，和刀轴方向无关，而深层切削和刀轴方向有关，是沿着刀轴方向加工的。图 4-77 所示的是深腔切削切削轨迹，图 4-78 所示的是多行开粗轨迹，它们最上层的轨迹是不同的。

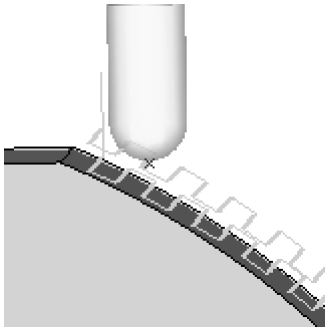


图 4-77　深腔切削

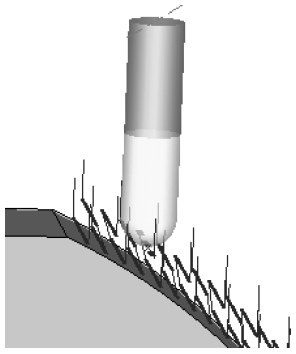


图 4-78　多行开粗

【区域粗加工】、【平移/旋转】和【排序】功能多应用于具有相同旋转几何特征零件的加工，具体参数解释见后面的章节。

4.4.6　有效工具

有效工具可以在特殊场合提高软件的加工能力，其参数控制面板如图 4-79 所示。

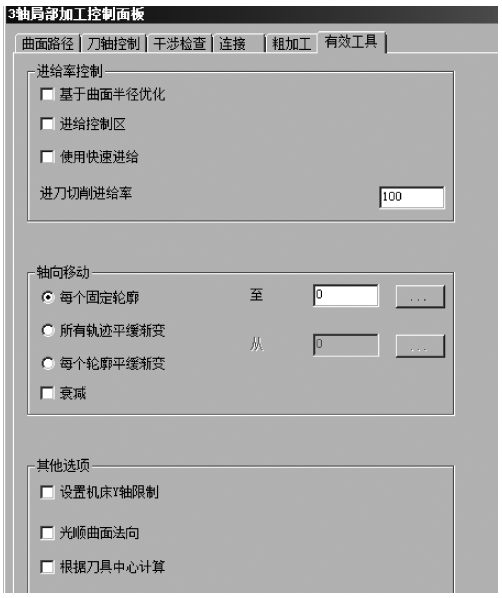


图 4-79　有效工具参数控制面板

1. 进给率控制

可以使刀具在加工不同曲面或者不同区域时采用不同的进给值。

（1）基于曲面半径优化　勾选它可以使进给率自动进行优化。优化以编程者设置的进给率为基础，根据曲面的曲率，系统会自动调整进给率。单击按钮【...】会出现如图4-80所示的设置界面，此界面可以设置刀具在加工不同的曲率曲面时所采用的进给值和实际设定的进给值的百分比。

图4-80　高级进给控制参数

（2）进给控制区　通过定义一个局部区域，设置在此区域内、外具有不同的进给率。勾选此选项（见图4-79），然后单击图中右侧的按钮【...】会出现如图4-81所示的设置界面。

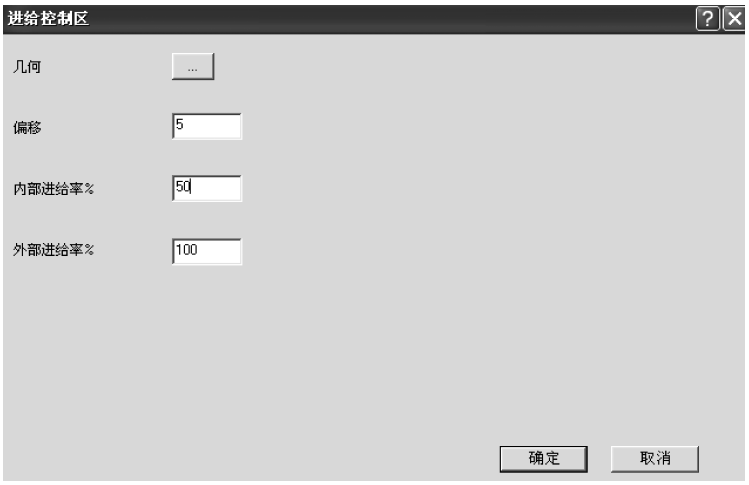


图4-81　进给率控制区设置

1）几何：几何选项可以通过其后的按钮去拾取曲面来定义一个区域。

2）偏移：在选择几何的基础上进行一定的偏移，使刀具在接近定义的几何时就发生进给率的变化。

3）内部进给率：定义所选几何内部的进给值与实际设定进给值的百分比。

4）外部进给率：定义所选几何外部的进给值与实际设定进给值的百分比。

（3）使用快速进给　勾选此功能可以把所有的快速运动转化成进给运动，右侧给定的数值是进给速度。

（4）进刀切削进给率　设定刀具第一行切入零件进给值和设定的内部进给值的百分比，如果第一行切掉的毛坯很大，则此选项可以很好地保护刀具。

2. 轴向移动

轴向移动功能可以把刀路轨迹在刀轴方向上进行移动。通常是在一个简单面上生成一个光顺的轨迹，然后通过此功能把轨迹移到驱动曲面上对其进行加工，为了防止过切必须把干涉检查打开。

（1）每个固定轮廓　这个选项可以把所有轨迹都沿着轴向移动一个距离，移动的距离可以直接在对话框里输入，也可以单击按钮【 ... 】手动拾取一点来确定移动的多少。

（2）所有轨迹渐变　每条轨迹不是移动相同的距离，而是逐渐变化。移动的距离可以直接在对话框中输入，也可以单击按钮【 ... 】手动拾取一点来确定移动的多少。

（3）每个轮廓平缓渐变　可以使每条轮廓上的轨迹点逐渐进行移动，移动的距离是渐变的。渐变移动的数值可以在【每个固定轮廓】或者【所有轨迹渐变】选项后面输入数值来指定，也可以同时在这两处输入进行叠加。

（4）衰减　把移动的不光顺的刀路轨迹变光顺，把尖角处的轨迹进行圆角过渡，过渡半径是刀具直径的 2 倍，如图 4-82 所示的刀路轨迹没有进行衰减处理的结果，如图 4-83 所示的是轨迹进行了衰减处理的结果。

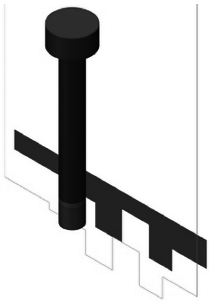


图 4-82　轨迹未进行衰减处理的结果

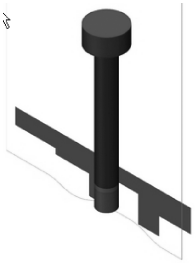


图 4-83　轨迹进行了衰减处理的结果

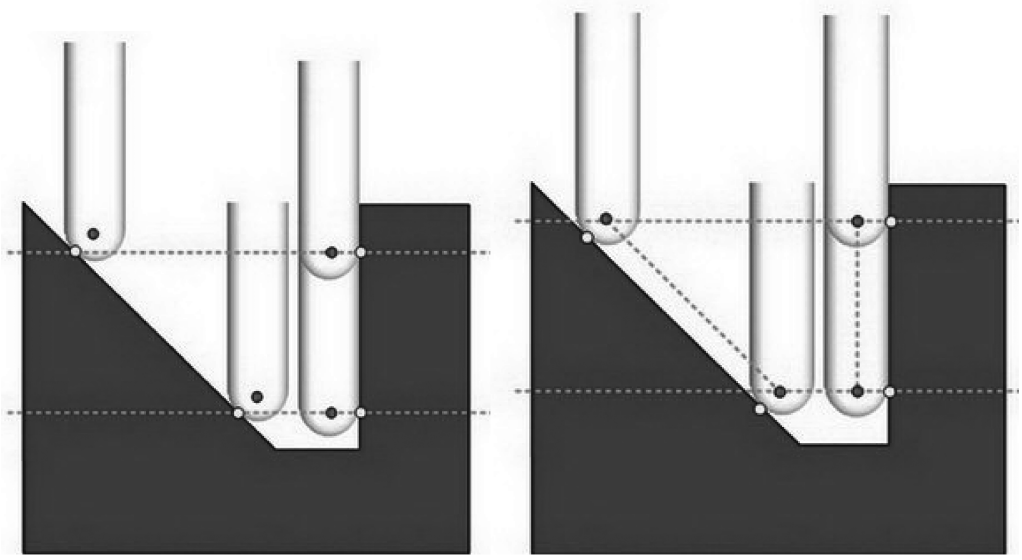
3. 其他选项

有三个实用的功能：设置机床 Y 轴限制、光顺曲面法向和根据刀具中心计算。

（1）设置机床 Y 轴限制　这是特殊的选项，可以对机床的 Y 轴行程进行设定。在行程有限的机床上加工大的零件会用到这个选项。

（2）光顺曲面法向　可以光顺曲面的法向，以毫米每度为单位，当曲面的法向变化大于给定的值时将被光顺，多轴加工用得多。

（3）根据刀具中心计算　计算刀路轨迹时默认是“根据刀具和曲面的接触点”进行，刀具是沿着和驱动曲面的接触点来加工的。勾选这个选项可以使计算刀路轨迹不是基于接触点，而是基于刀具的中心。如图 4-84a 所示，是等高加工的路径，没有勾选此项则各个面的接触点在一个水平面上，此时刀具需要上下移动；如图 4-84b 所示的是勾选此项的结果，可以看出刀具的中心在一个水平面上，在加工每一层时，刀具不需要上下移动。



a) b)

图 4-84　根据刀具中心计算

4.5　局部铣削-三轴综合练习

本练习可以学习局部铣削以下内容：

- 曲面路径功能
- 连接功能
- 干涉检查功能
- 粗加工功能
- 有效工具功能
- 刻字练习

练习的文档名称是“局部加工 . elt”，它是一个 NC 文档，文档在光盘的“练习文档 \ 局部铣”文件夹中。

最终完成的编程文件在光盘“练习结果 \ 局部铣”文件夹中，可供用户参考，下面详细介绍练习的步骤：

进入 CimatronE 初始环境并打开“局部铣 . elt”文件，如图 4-85 所示，这个文件已经对零件进行了粗加工，有几个面已经加工到位。现在使用局部-三轴策略加工其他未加工完的面。

4.5.1　平行铣练习

选择编程向导条上的程序图标，在主选择一项选择【局部铣】策略，子选择切换到【局部-三轴】，如图 4-86 所示。

单击刀具图标，选择直径为 6 的球刀后确定，如图 4-87 所示。

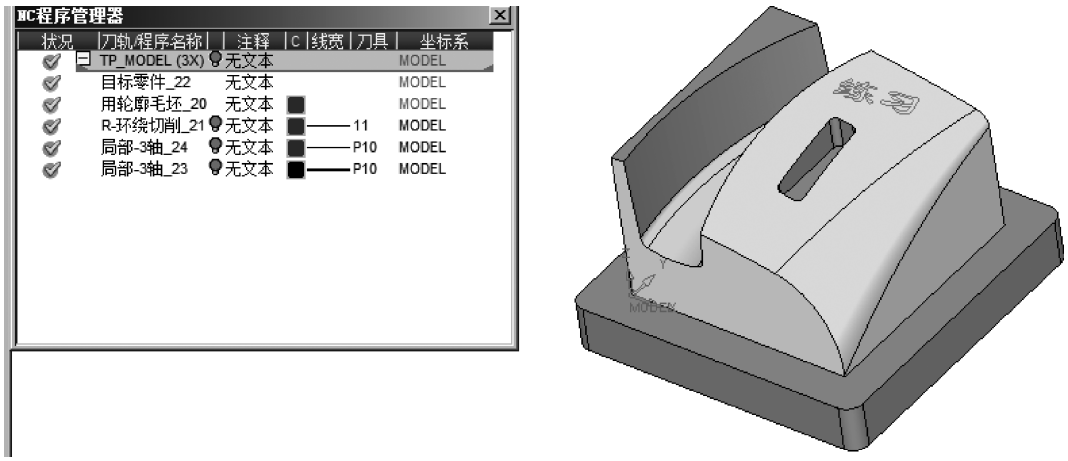


图 4-85　局部加工练习模型

图 4-86　选择局部-三轴工艺

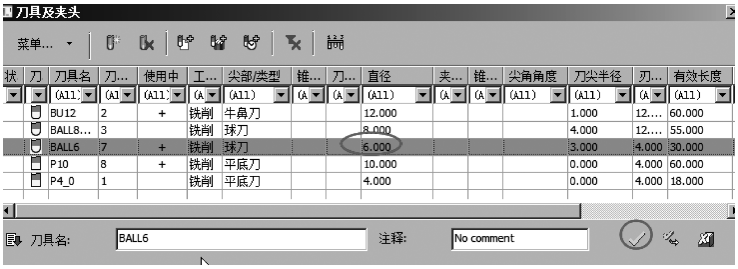


图 4-87　选择球刀

单击刀路参数图标，并在出现的窗口单击【进入】按钮，打开局部加工控制面板，在模式一项选择【平行铣】工艺，加工角度都设定为 0，也就是选择等高加工，如图 4-88 所示，单击【驱动曲面】按钮，选择图 4-89 中箭头指示的面。其他参数参考图 4-88 所示进行。

单击图 4-88 面板上的【确定】按钮，并在空白处单击右键选择【保存并前台计算】按钮，完成轨迹的计算，如图 4-90 所示。可以发现刀比较高，而且下面有过切地方，后面会给予解决。

4.5.2　沿曲线铣练习

隐藏上节中的轨迹，单击向导条上的程序图标，并按照前述的方法为此程序选择直径为

10 的平刀。单击【进入】按钮进入局部加工控制面板，“模式”切换到【沿曲线切削】工艺，引导曲线和驱动曲面选择参照图 4-91 箭头所示的对象，把面板上的最大步距改成 4。

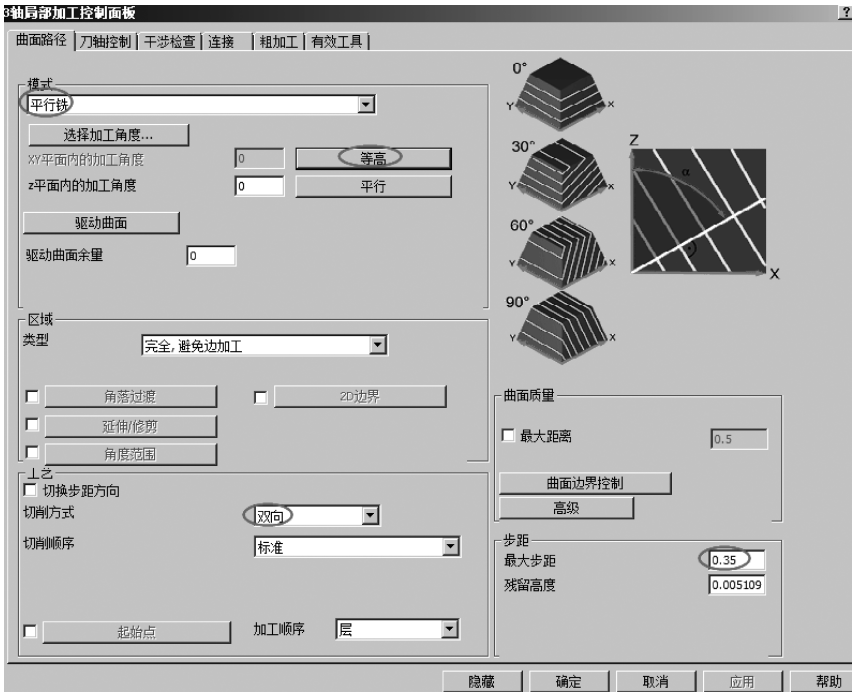


图 4-88 “曲面路径”参数设定

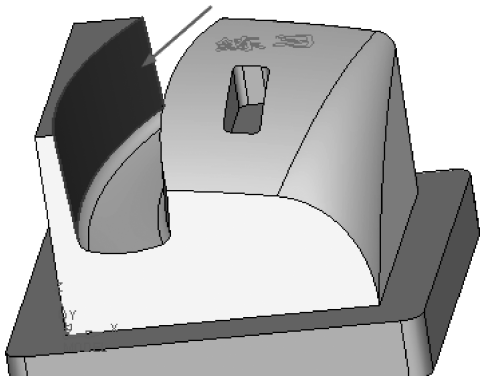


图 4-89 驱动曲面的选择

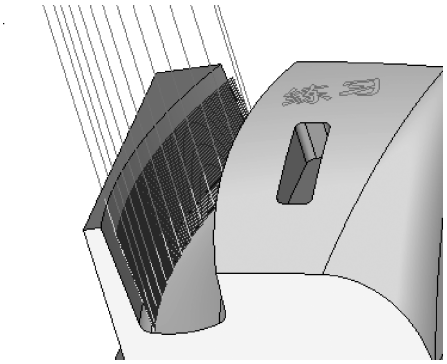


图 4-90 平行铣的刀路轨迹

单击面板上的【确定】按钮，并在空白处单击右键选择【保存并前台计算】按钮，计算的轨迹如图 4-92 所示。

4.5.3 两曲面仿形铣练习

隐藏上面的轨迹，单击向导条上的程序图标，并为此程序选择直径为 6 的球刀。单击【进入】按钮进入局部加工控制面板，“模式”切换到【两曲面仿形】工艺，并分别选择如图 4-93 所示的目标面（驱动曲面是底部的那张面），把面板上的最大步距具改成 0.35。

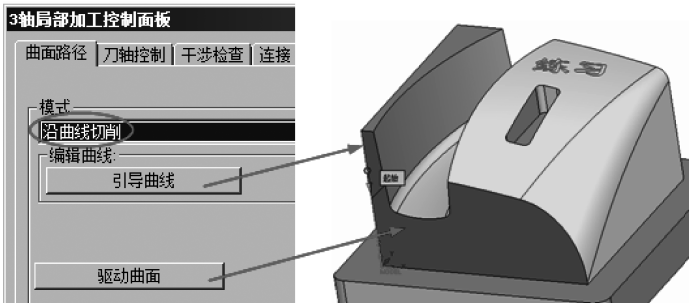


图 4-91　沿曲线切削加工对象选择

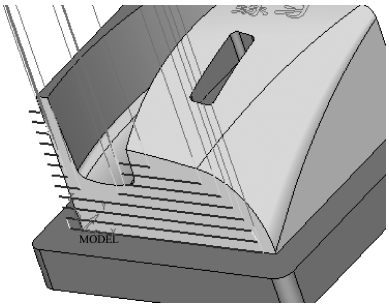


图 4-92　沿曲线铣刀路轨迹

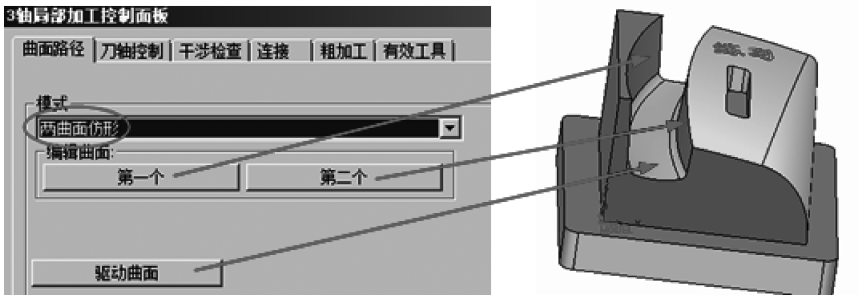


图 4-93　两曲面仿形加工对象选择

单击面板上的【确定】按钮，并在空白处单击右键选择【保存并前台计算】按钮，计算的轨迹如图 4-94 所示。

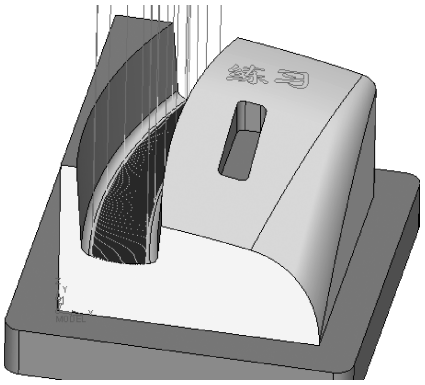


图 4-94　两曲面仿形刀路轨迹

4.5.4　两曲线之间仿形铣练习

隐藏上面的轨迹，单击向导条上的程序图标，并为此程序选择直径为 8 的球刀。单击【进入】按钮进入局部加工控制面板，模式切换到【两曲线之间仿形】工艺，并分别选择图 4-95 所示的加工对象，把最大步距改成 0.4。

单击面板上的【确定】按钮，并在空白处单击右键选择【保存并前台计算】按钮，计算的轨迹如图 4-96 所示。

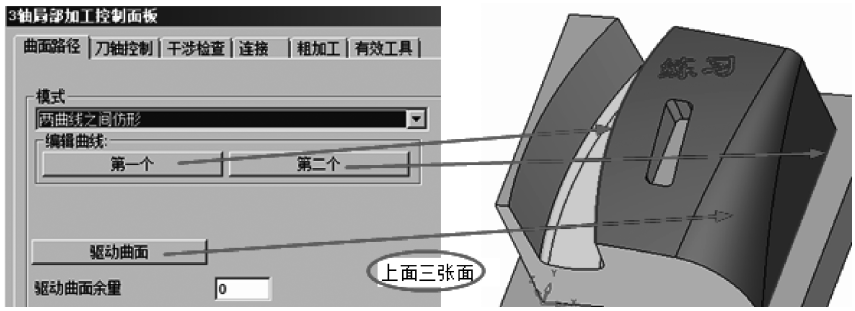


图 4-95　两曲线之间仿形加工对象选择

4.5.5 平行于曲面铣练习

隐藏上面的轨迹，单击向导条上的程序图标，并为此程序选择直径为3的平刀。单击【进入】按钮进入局部加工控制面板，“模式”切换到【平行于曲面】工艺，并分别选择如图4-97所示的目标面(引导轮廓实际是引导曲面，选择槽的底面，驱动曲面选择槽的侧壁面)，把最大步距改成0.4。

单击面板上的【确定】按钮，并在空白处单击右键选择【保存并前台计算】按钮，计算的轨迹如图4-98所示。

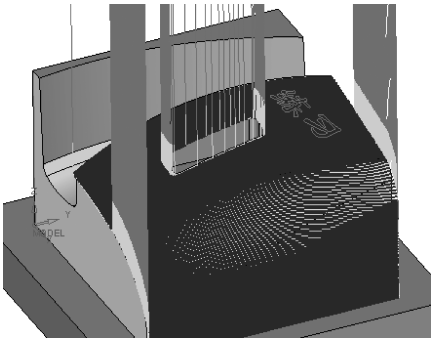


图4-96 两曲线之间仿形刀路轨迹

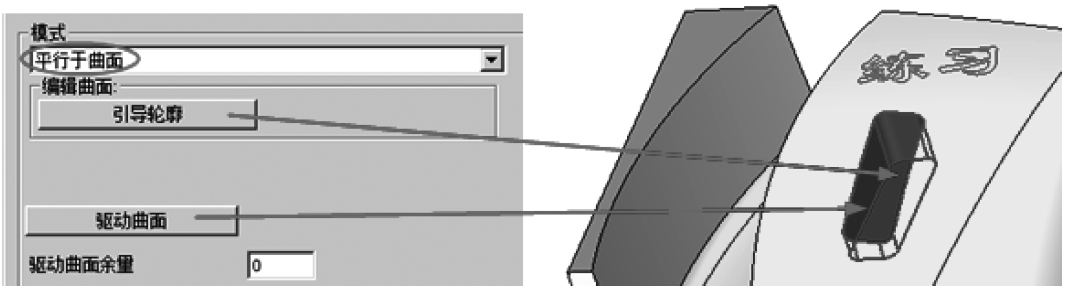


图4-97 平行于曲面加工对象选择

4.5.6 曲线投影铣练习

隐藏上面的轨迹，单击向导条上的程序图标，并为此程序选择直径为0.5的刀具。单击【进入】按钮进入局部加工控制面板，“模式”切换到【曲线投影】工艺，并分别选择如图4-99所示的加工对象。

切换到【有效工具】一项，并在“轴向移动”参数输入 -0.15，也就是刻字的深度是0.15，如图4-100所示。

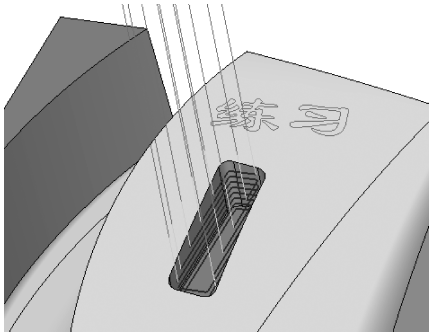


图4-98 平行于曲面的刀路轨迹

单击面板上的【确定】按钮，并在空白处单击右键选择【保存并前台计算】按钮，计算的轨迹如图4-101所示。

4.5.7 连接练习

1. 更改安全高度

上面刀路轨迹的安全高度默认是150，对于有些机床这个高度会造成超程问题，现在介绍如何更改安全高度值。

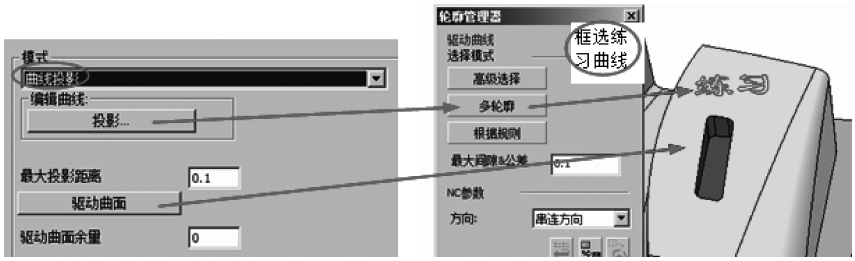


图 4-99　曲线投影加工对象选择

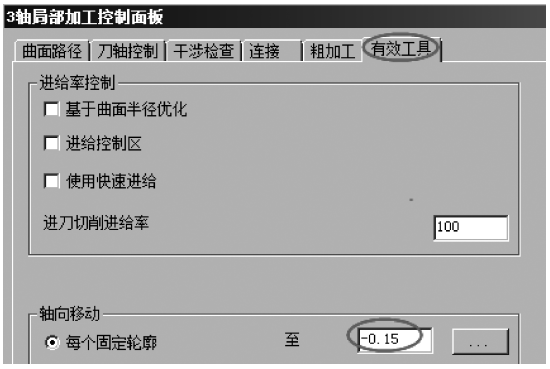


图 4-100　轴向移动参数

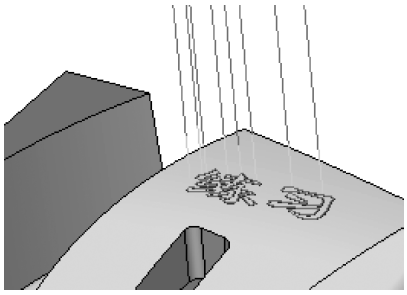


图 4-101　曲线投影加工工具

双击第四个程序，单击窗口上的【进入】按钮，进入到加工控制面板，切换到“连接参数设置”窗口，继续单击【安全区域】按钮，并在“高度”参数中输入 80，如图 4-102 所示，单击【确定】按钮，再单击【确定】按钮退出加工控制面板。最后单击【保存并计算】按钮，通过计算完的轨迹可以看到安全高度已经降低了。

同样对其他刀路轨迹的安全高度进行更改，高度值都改成 80 并重新计算刀路轨迹。

2. 切削间隙和层间连接练习

观察第五个程序的刀路轨迹，如图 4-103 所示，图中箭头所示的路径并不太理想，层间连接是直线，在间隙处有多处抬刀。

双击第五个程序，进入到加工控制面板，切换到连接界面，并把参数改成如图 4-104 所示的样子。

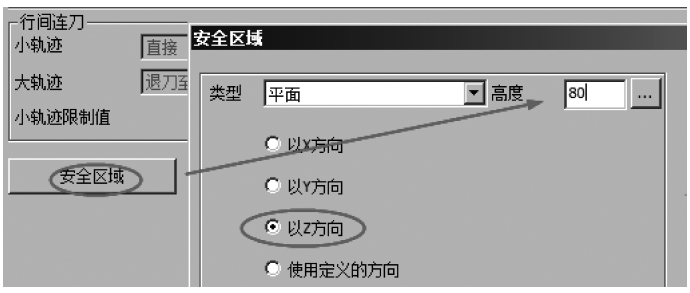


图 4-102　安全高度设定

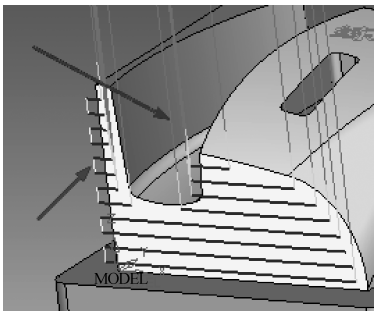


图 4-103　需要更改的轨迹

退出加工面板并计算，最终的轨迹如图4-105所示，同样对第七个程序改成图4-106所示的情形。

图4-104　切削间隙和层间连刀的参数设定

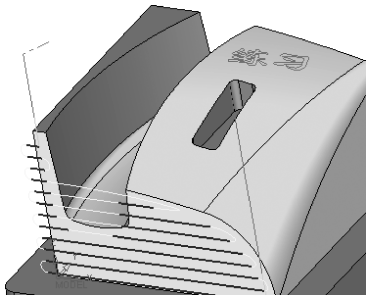


图4-105　改进的刀路轨迹

4.5.8　干涉检查练习

仔细观察第七个刀路轨迹，底部已经发生了干涉，如图4-107所示，现在介绍如何避免干涉。

双击第七个程序，进入加工控制面板，切换到干涉检查参数设置界面，并勾选其中的第一项，如图4-108所示，然后按照图中的参数进行设定。单击按钮 … 去拾取检查面（如图4-107所示的面），确定后退出加工控制面板并计算轨迹。

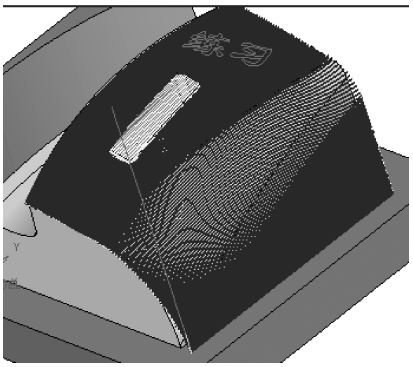


图4-106　改进第七个程序轨迹结果

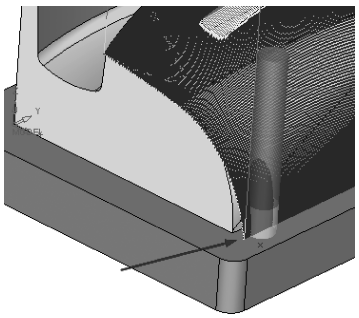


图4-107　底部轨迹发生干涉

使用导航器查看轨迹，结果如图4-109所示，没有发生干涉。

4.5.9　粗加工练习

对于第六个程序，因为上道粗加工程序给底面留量0.6，使用一层进行精加工效果有些不好，现在打算采用两层轨迹把底部加工到位。

双击第六个程序，进入加工控制面板并切换到【粗加工】选项，勾选【深腔切削】选项，然后参数按照图4-110所示进行设定，退出面板并重新计算程序。

图 4-108　干涉检查设定

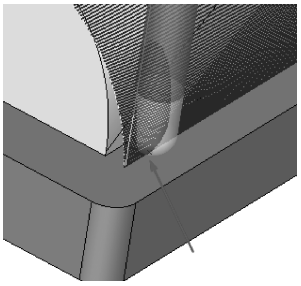


图 4-109　没有发生干涉的刀路轨迹

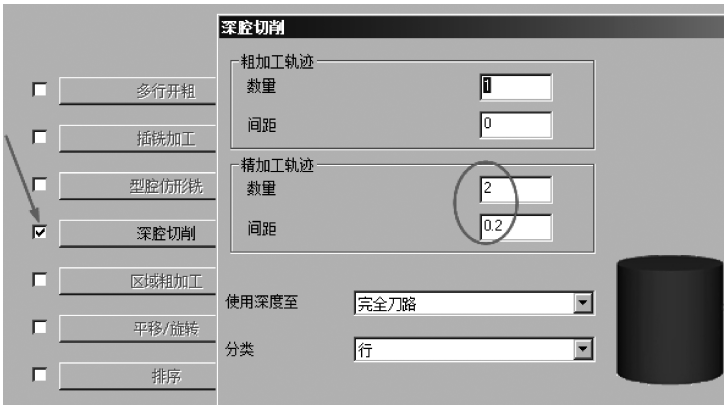


图 4-110　粗加工参数设定

通过导航器查看已经产生了两层加工轨迹，如图 4-111 所示，最后一层的加工量是 0.2。

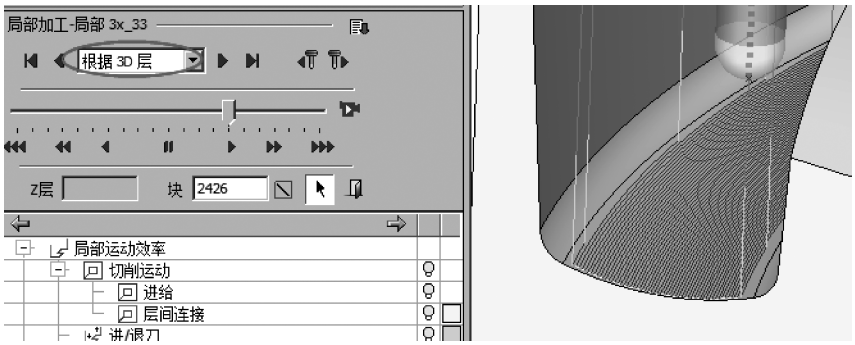


图 4-111　查看两层刀路轨迹

4.5.10　有效工具练习

在上面的刻字程序里已经用到了有效工具功能，在刻字时，不应用有效工具里的轴向移动功能，只能在字母所在的面上加工，通过设定轴向移动，可以在字母所在的曲面下面生成刀路轨迹，以得到一定深度的字母轨迹。

第5章 4轴加工策略介绍和实践

4 轴加工是在 3 轴的基础上增加了一个旋转轴，旋转轴可以是 B 轴（绕 Y 轴旋转），也可以是 A 轴（绕 X 轴旋转）。旋转轴有的固定在工作台上，有的固定在主轴上，最常用的是在固定在工作台上绕着 X 轴旋转，数控旋转台在工作台的右侧。

4 轴加工使用的机床是 4 轴机床，它比 3 轴的加工范围更广。如果使用 CimatronE 软件进行编程，需要软件的 4 轴模块，4 轴模块包含了 3 轴加工模块的所有加工策略和工艺，如图 5-1 所示。

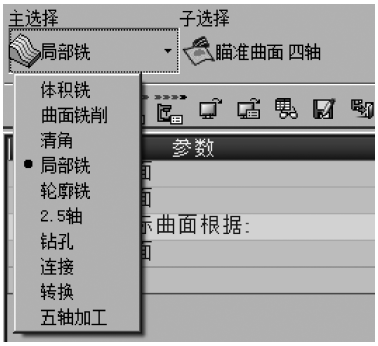


图 5-1　4 轴加工策略和工艺选项

5.1　4 轴加工策略和典型工艺汇总

当在编程环境下创建了一个 4 轴的刀轨（TP），再单击向导条上的【程序】按钮，则可以在弹出的窗口查看 4 轴的加工策略和每个策略下的工艺选项，见图 5-1。在局部加工、轮廓铣、钻孔、连接和 5 轴加工都有 4 轴加工工艺，具体的选项见表 5-1。

表 5-1　常用 4 轴加工策略和工艺选项汇总

加工策略	工艺选项	实际用途	加工对象	备　注
局部加工	瞄准曲面-4 轴	应用于对零件局部的精加工，常用于加工含有很多小三角面片的零件加工	加工对象有三种曲面：零件曲面、检查曲面和目标曲面。由目标曲面决定加工范围和路径形状，步进方式有三种：根据残留高度、根据行数和依最大 2D 侧向步距	
	零件曲面-4 轴	应用于对零件局部的精加工，比如零件上的平面或者圆角面	加工对象有零件曲面和检查曲面。步进方式有三种：根据残留高度、根据行数和依最大 2D 侧向步距	

（续）

加工策略	工艺选项	实 际 用 途	加 工 对 象	备　　注
局部加工	直纹面-4 轴	应用于对零件直纹面的加工	加工对象有上、下轮廓，由轮廓决定加工轨迹的范围和方向。步进方式有两种：根据残留高度、根据行数	使用刀具侧刃加工直纹面，效率高
轮廓铣	轮廓铣-4 轴	常用于刻字和切槽	加工对象有零件曲面和轮廓	
钻孔	钻孔-4 轴	用于钻孔加工	钻孔点	
连接	4 轴-连接	用于程序间的连接	不需要加工对象	
5 轴加工	航空铣	用于复杂产品零件的粗、精加工	由工艺决定，驱动曲面是必须要选择的，有的工艺必须选择轮廓	功能强大，应用范围广

在上面的4轴加工工艺里，航空铣工艺是最常用的加工工艺，它可以完成复杂零件的粗、精加工，可以完成局部加工所能胜任的各种加工任务，在模具和产品加工中也均有广泛的应用。下面会以这个工艺介绍 CimatronE 的4轴加工功能和应用。

5.2　如何创建航空铣4轴程序

创建的过程如下：

1. 物体方向

创建4轴程序以前，应该通过分析菜单下的【物体方向】工具对零件的物体方向进行分析，如图5-2所示，确保所有的面的方向一致向外，面的方向显示白色是正确的，如果是黑色应该通过手动或者自动方法改成正确的方向。

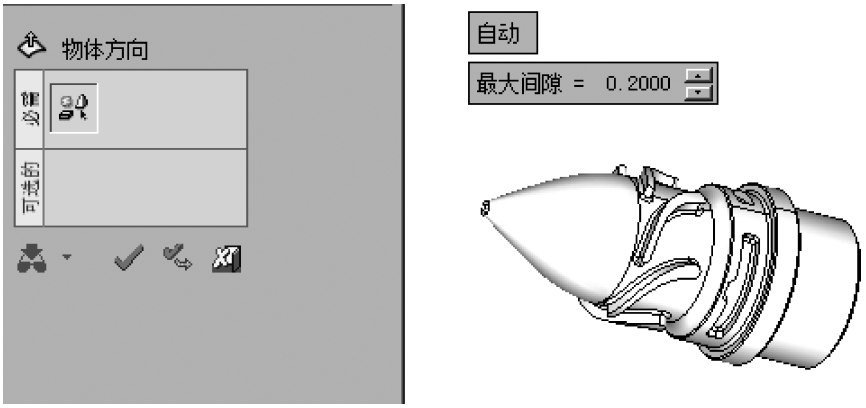


图5-2　物体的方向分析

2. 创建 4 轴的刀轨

创建 4 轴的 TP 类型，并指定旋转轴，如图 5-3 所示。

3. 选择航空铣加工工艺

选择【五轴加工】策略，在子选择会自动弹出所需要的【航空铣】选项，如图 5-4 所示。

图 5-3　创建 4 轴刀轨

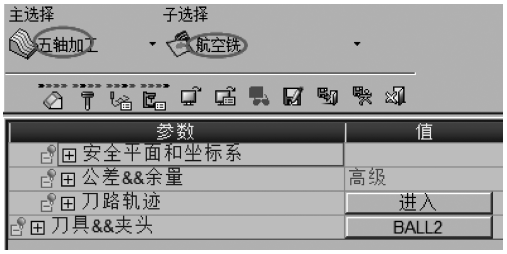


图 5-4　选择航空铣工艺

4. 选择刀具

和编制 3 轴程序应用，为航空铣程序选择合适的刀具。

5. 定义加工参数

主要是定义安全高度和坐标系、加工精度 & 公差和刀路参数。和 3 轴不同的是，航空铣的刀路参数需要单击【进入】按钮，进入到“五轴航空铣控制面板”中进行设置，如图 5-5所示。

图 5-5　航空铣控制面板

6. 定义加工对象

根据选择的加工模式面，选择合适的加工对象，加工对象都在航空铣面板中定义。

7. 定义航空铣机床参数

定义航空铣机床参数，如图 5-6 所示。

上面的步骤完成后，即可对程序进行保存并计算，得到所需要的 4 轴航空铣程序，如图 5-7所示是一个 4 轴航空铣程序刀路轨迹。

图 5-6　定义航空铣机床参数

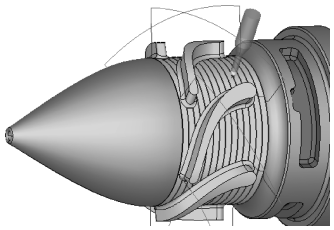


图 5-7　4 轴航空铣程序刀路轨迹

5.3　航空铣控制面板—刀轴控制

在 4.4 节，介绍了【局部-三轴】工艺的控制面板，4 轴航空铣面板与其类似，只不过是在某些内容里多了一些加工参数，建议读者在掌握【局部-三轴】一节内容后再学习本节内容。本节最大的不同三处就是刀轴控制一项。

刀轴控制的参数如图 5-8 所示，和 3 轴相比，它多了一个 4 轴选项，选项中有不少参数用来控制刀轴的方向，下面对各个参数的含义进行介绍。

5.3.1　输出格式

当使用 4 轴编程时，输出格式有 4 轴和 3 轴两种格式选择。

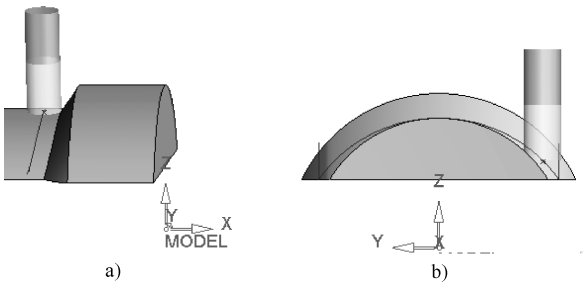
1. 4 轴

使用这种格式输出意味着刀轴在机床摆动范围内有一个旋转自由度受到限制，最多是 4 轴联动加工，以图 5-9a 为例，刀具是绕着 X 轴转动进行加工到的，刀具不能沿着 Y 轴进行摆动。

选择 4 轴格式时，单击旋转轴按钮 旋转轴，会出现如图 5-10 所示的界面：用来指定第 4 轴是绕着哪个轴旋转的（从 X 轴、Y 轴和 Z 轴中来选择）。例如，如果第 4 轴是绕着 X 轴旋转的，就把 X 轴选中，一定要根据机床的实际情况来设置。

锁定第 5 轴：适用于带有固定摆头（或者角度头）的 4 轴机床，主轴和第 4 旋转轴的角度在【锁定第 5 轴】参数的右侧填写。

图 5-8　刀轴控制面板



a)　　b)

图 5-9　加工输出格式

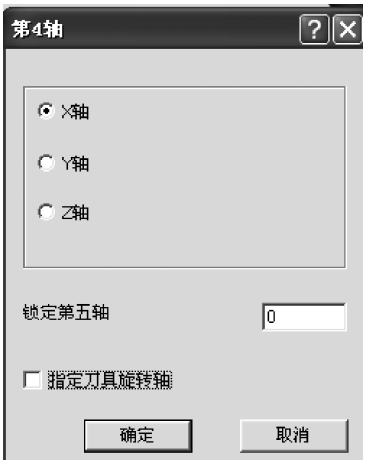


图 5-10　第 4 旋转轴设定

2. 3 轴

使用这种格式输出意味着刀轴在机床摆动范围内有两个旋转自由度受到限制，刀轴不能旋转，只能在 Z 轴方向进行加工，如图 5-9b 所示，刀具既不能旋转也不能摆动。

5.3.2　最大角度步距

定义的是相邻两个刀路轨迹点矢量变化的最大角度，系统默认的最大角度步距是 3°。这个数值越小，意味着加工过程中刀轴矢量变化得越小，计算出来的刀路轨迹点就越多，加

工效果就越好。

如图 5-11 所示的是不同的最大角度步距对轨迹点数的影响，左侧是最大角度步距为 3°的后处理代码，右侧是最大角度步距为 0.5°的后处理代码，右侧的代码行数是 12640，明显大于左侧的代码行数 4860，说明使用右侧代码加工会得到较好的表面质量。

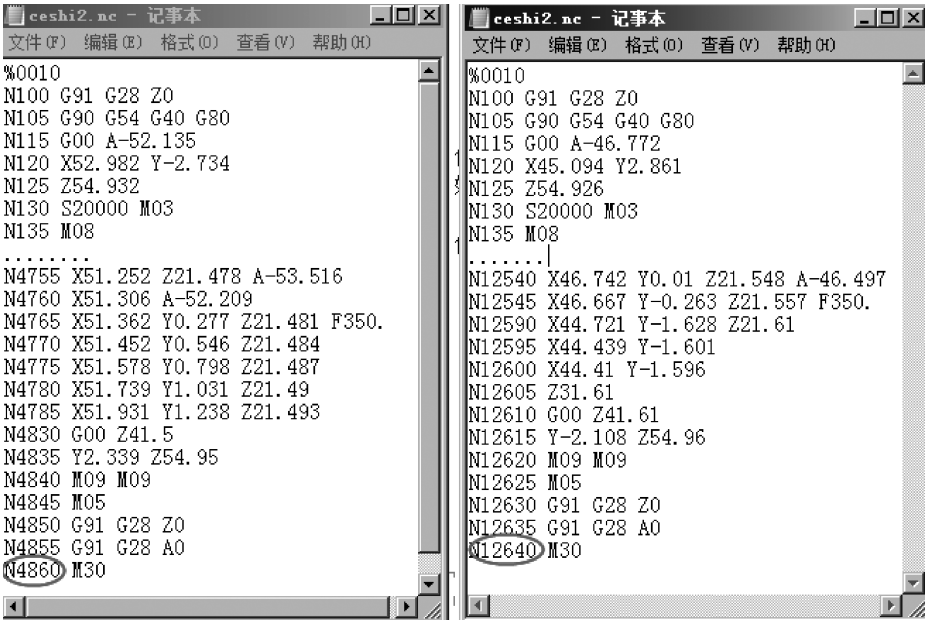


图 5-11　最大角度步距对程序的影响

5.3.3　刀轴倾斜类型

刀具倾斜类型如图 5-12 所示，一共有 10 个选项，下面分别介绍其功能。

1. 不倾斜，保持和曲面垂直

刀具在加工过程中，在每一个刀具路径点的位置，刀轴方向始终和该点的曲面法向一致，是默认的选项，如图 5-13 所示。

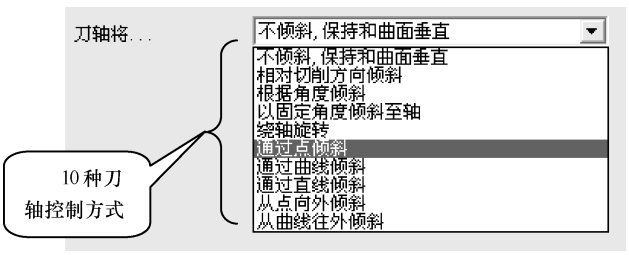


图 5-12　刀轴方向控制选项

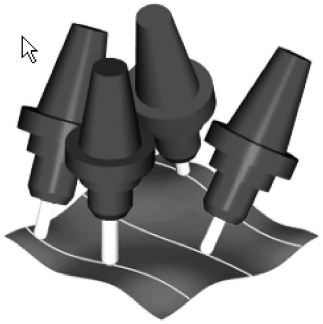


图 5-13　默认刀轴方向不倾斜

2. 相对切削方向倾斜

刀具在加工过程中，刀轴可以根据编程设置沿着切削方向前、后或者左、右倾斜，由如图 5-14 所示的两个角度参数进行控制。

（1）切削方向上的前倾角　定义刀具沿着切削方向前倾或者后倾的角度，正值使刀轴沿着加工方向倾斜，负值则相反，如图 5-15 所示。

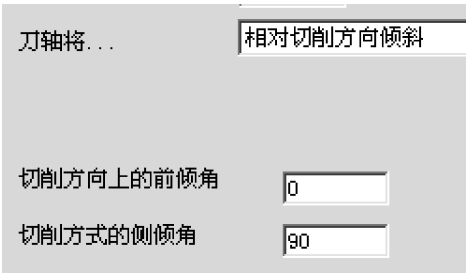


图 5-14　控制刀轴倾斜的两个角度

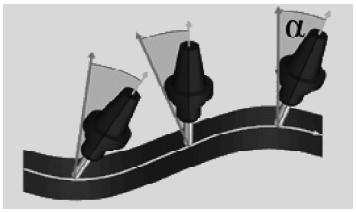


图 5-15　刀轴前倾

（2）切削方向上的侧倾角　定义刀具沿着切削方向左倾或者右倾的角度。在定义侧倾角时，正值使刀轴向左侧倾斜（沿加工方向看），负值则使刀轴向右侧倾斜，如图 5-16 所示。

编程时，当使用相对切削方向倾斜策略时，会出现一个【侧向倾斜定义】参数选项，如图 5-17 所示，其后最多可以有 7 个子选项（当使用平行于曲线铣加工方式）供编程者来使用，这些选项和上面设置的侧倾角一起影响刀轴的倾斜方向。

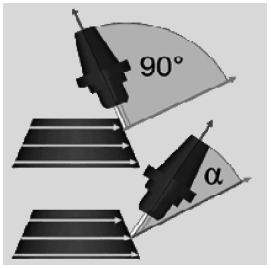


图 5-16　刀轴侧倾

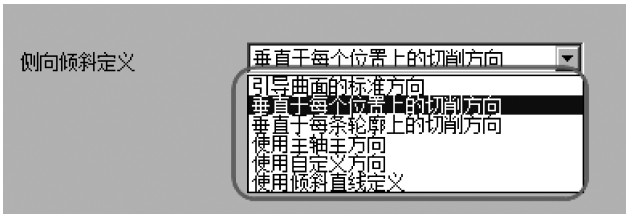


图 5-17　侧向倾斜定义选项

1）引导曲面的标准方向：刀轴方向和驱动曲面的标准方向一致，加工直纹面和多个 ISO 方向不一致的面时，这是一个很好的选项。如果相邻的两个面的 U 和 V 方向不一致时，此功能可以使刀轴在两个面的加工过渡阶段不至于摆动太大。

2）垂直于下边线：刀轴始终和选择的下边线垂直，也就是说下边线的弯曲程度将影响刀轴的倾斜方向。如图 5-18 所示，使用平行于曲线铣削工艺进行加工，底部的下边线是与刀路平行的曲线，刀具在不同位置时刀轴总是和下边线垂直。

3）垂直于每个位置上的切削方向：加工时刀轴方向始终和刀路轨迹垂直。如图 5-19 所示，使用平行于曲线铣削，底部的下边线是刀路平行的曲线，刀具在不同位置时刀轴总是和当前刀路轨迹垂直。高级选项有一个新的参数，也就是【要求切换方向】选项，如图 5-20 所示，勾选这个选项可以使刀具在切削方向上左、右倾斜。

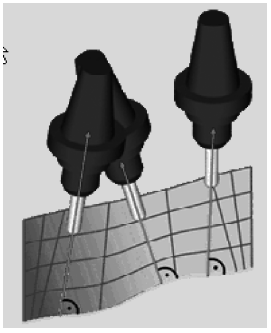


图 5-18　垂直于下边线

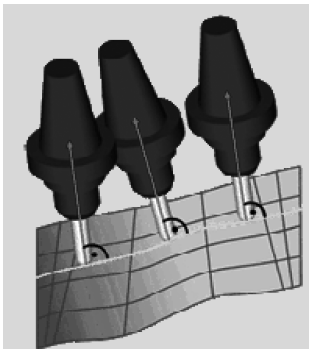


图 5-19　垂直于每个位置的切削方向

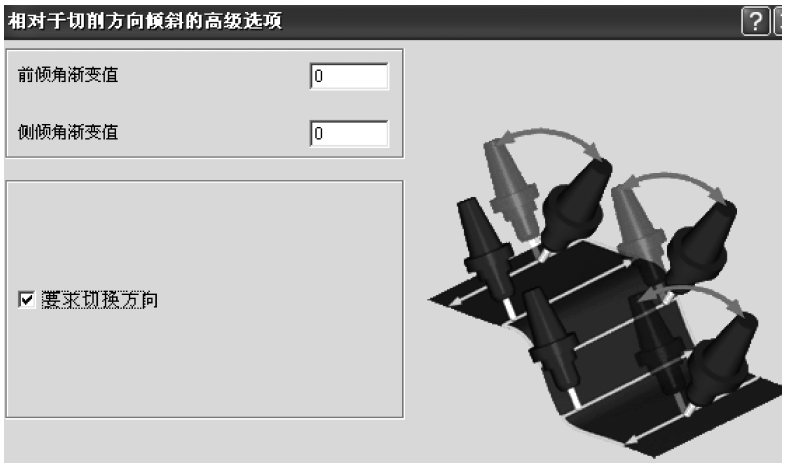


图 5-20　切换方向选项

4）垂直于每条轮廓上的切削方向：系统会找到和切削轮廓垂直的矢量，并使刀轴方向和此矢量方向一致。刀轴的逼近有四种类型：根据一个矢量、根据两个矢量、光顺和局部光顺，如图 5-21 所示。

图 5-21　刀轴的逼近类型

5）使用主轴主方向：利用定义机床的主轴方向来作为刀轴倾斜的参考。如图 5-22 所示，主轴方向是图中大箭头指示的方向，加工时候刀轴总是定向在该方向上。

6）使用定义方向：使用定义的方向矢量来确定刀轴方向，如图 5-23 所示，可以在出现的对话框输入两点坐标差值，或者单击界面按钮 ... 去选择已经存在的直线来定义一个方向矢量。

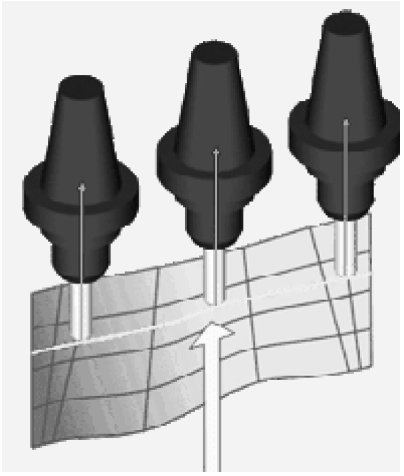


图 5-22　使用主轴主方向

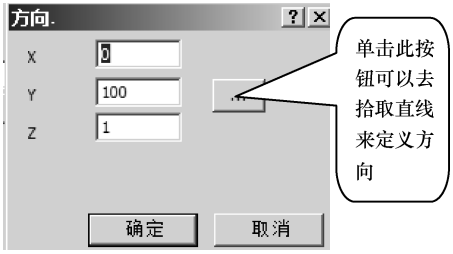
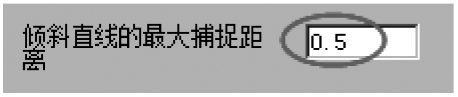


图 5-23　使用定义方向

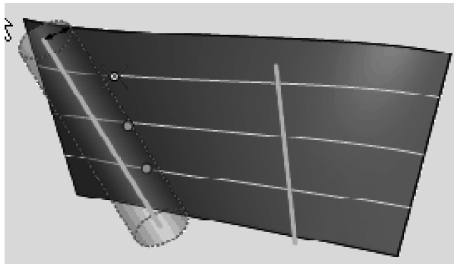
7）使用倾斜线定义：使用事先定义好的直线确定刀轴的方向。刀轴方向是随着这些直线方向变化的，选取这些直线时，要单击如图 5-24 所示的按钮【倾斜线】去选择。

图 5-24　选择倾斜线

如图 5-25a 所示的选项是设置一个最大捕捉值，当刀路轨迹点和倾斜直线的距离在这个值之内时，所选择的直线才会对刀轴有影响，如图 5-25b 所示。



a)



b)

图 5-25　倾斜线最大捕捉距离

3. 根据角度倾斜

可以使刀轴从曲面的法向向选定的轴或直线倾斜一定角度，如图 5-26 所示。倾斜轴可以是 X 轴、Y 轴或 Z 轴，也可以是在几何零件上创建的直线，输入的角度可以是正的，也可以是负的。假想曲面法向和选定的轴或直线形成了一个平面，刀轴将在此平面上进行倾斜。

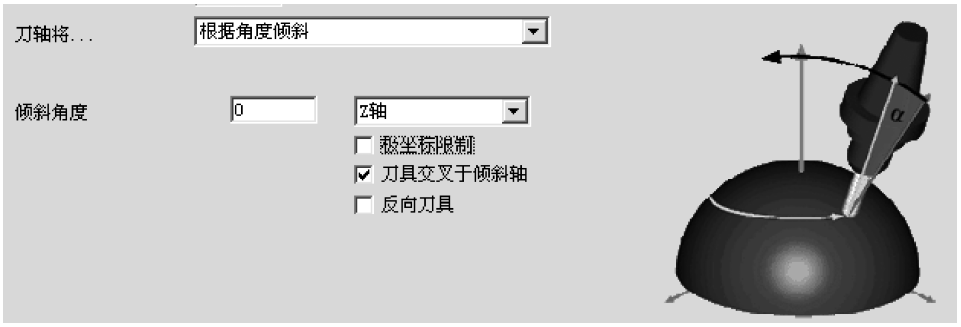


图 5-26　根据角度倾斜参数

“根据角度倾斜”面板上还有几个参数，分别是：

1）极坐标限制：实际是对刀轴摆动的极限进行限制，勾选该选项，可以使刀具在摆动时不会超过选定的倾斜轴或者直线，避免机床摆动太大角度。

2）刀具交叉于倾斜轴：勾选该选项，就会迫使刀轴的延长线和倾斜轴或者直线相交。

3）反向刀具：只有图 5-26 中【刀具交叉于倾斜轴】选项被勾选时【反向刀具】选项才出现，表示刀具将向另一方向倾斜。如果加工一个圆柱面，勾选【反向刀具】可以使刀具加工圆柱的里面。

4. 以固定角度倾斜至轴

和上面倾斜策略相反，使用这个选项可以使刀轴以给定的角度从选定的倾斜轴向曲面法向倾斜一定角度。倾斜轴可以是 X 轴、Y 轴或 Z 轴，也可以是在几何零件上创建的直线。假想曲面法向和选定的轴或直线形成了一个平面，刀轴将在此平面上倾斜。

5. 绕轴倾斜

刀轴在曲面法向的基础上，绕着给定的轴或直线旋转给定的角度，其设置界面如图5-27所示，环绕的轴可以是 X 轴、Y 轴或 Z 轴，也可以是在几何零件上创建的直线。

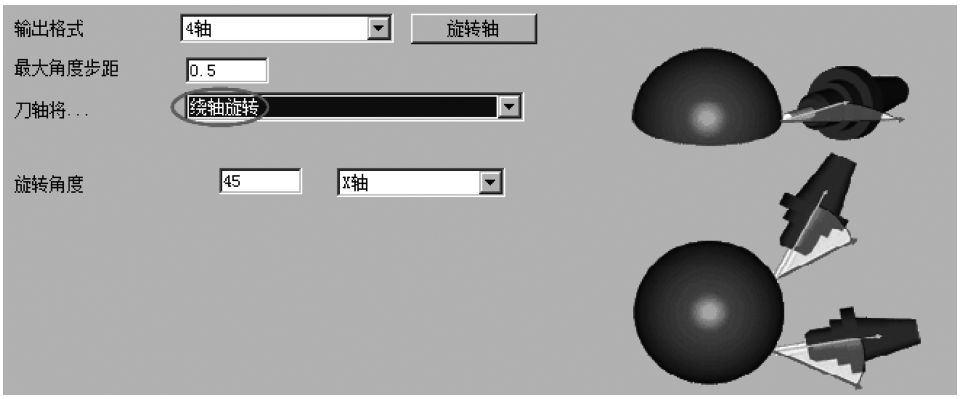


图 5-27　绕轴旋转参数

【例】：如图 5-28a 所示，设置的旋转角度为 45°，选择的旋转轴是 Z 轴，如图 5-28b 所示，显示的是沿着 Z 轴负方向看原来刀轴方向绕着 Z 旋转了给定的 45°角。

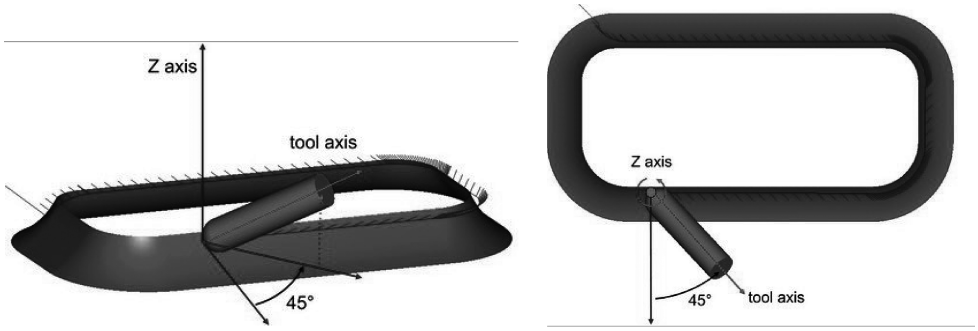


图 5-28　绕轴旋转案例

6. 通过点倾斜

使用这种策略倾斜，刀轴方向始终是通过选择的几何点到曲面上点的连线方向，如图 5-29所示。单击按钮 ... 会出如图 5-30 所示的对话框，可以通过输入坐标值来指定要选择的点，也可以单击新出现的按钮 ... 去拾取几何点。

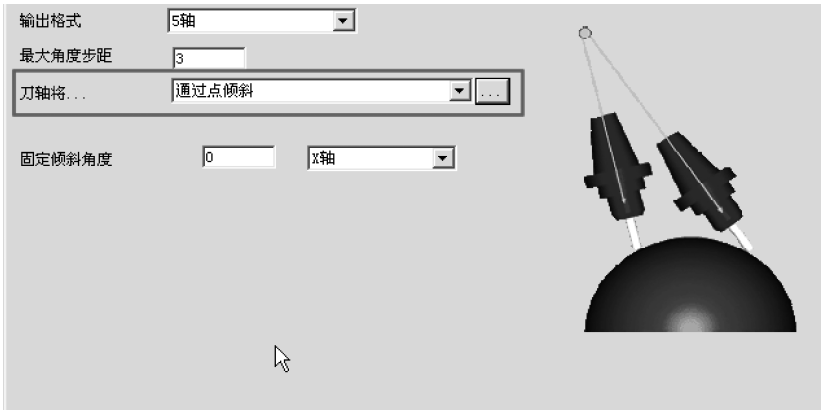


图 5-29　通过点倾斜刀轴参数

通过图 5-29 中的【固定倾斜角度】参数可以给定一个绕着指定的 X 轴、Y 轴和 Z 轴或者一条直线旋转的角度，系统会把这个角度补偿到刀轴通过点所倾斜的角度上。

7. 通过曲线倾斜

刀具在加工过程中，刀轴将指向所选定的曲线，如图 5-31 所示。共有 6 种不同的倾斜类型，下面分别介绍其不同用途。

1）靠近点：刀轴方向是当前刀具路径点到曲线的最短距离这个方向上，如图 5-32所示。

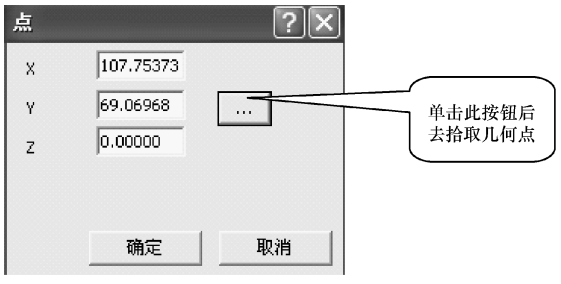


图 5-30　输入点坐标对话框

图 5-31 中的【固定倾斜角度】参数

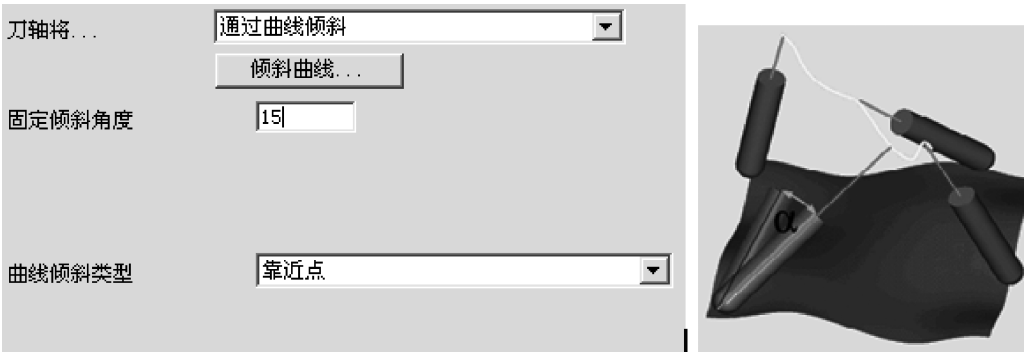


图 5-31　通过曲线倾斜参数

可以使刀轴按照给定的角度离开倾斜线。

2）由曲线组成的角度：其工作原理见表 5-2。

3）由主轴和主方向组成的角度：类似于【由曲线组成的角度】倾斜类型。不同的是在【固定倾角度】中定义刀具倾斜时，刀轴要从主轴指向倾斜线方向，如果这个角度设置为 0，则刀轴方向就会和主轴方向（一般是 Z 轴方向）平行。

下面的例子显示了通过【由主轴和主方向组成的角度】控制刀轴时，【固定倾角度】对于刀轴方向的影响，图 5-33a 所示【固定倾角度】设置为 0°的刀路轨迹，刀轴方向始终和主轴方向 Z 一致。图 5-33b 所示的是和主方向 Z 轴成 10°的刀路轨迹。

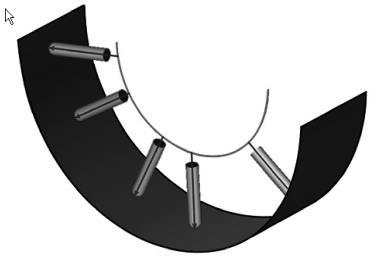


图 5-32　靠近点倾斜刀轴

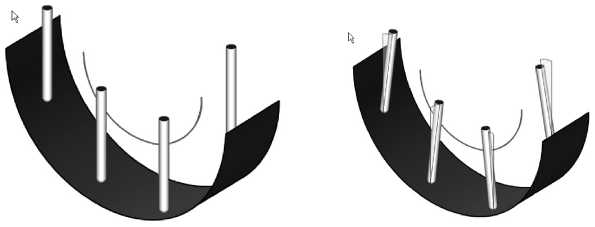
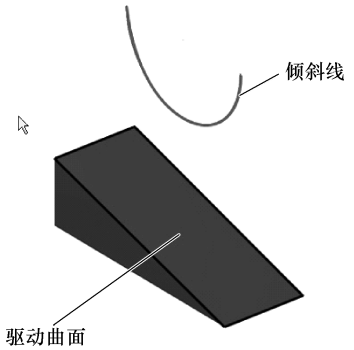
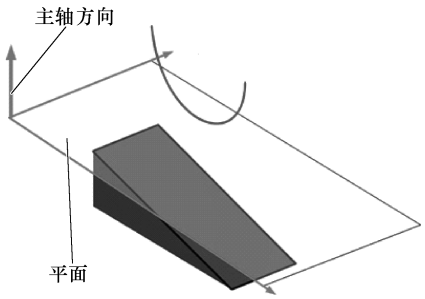


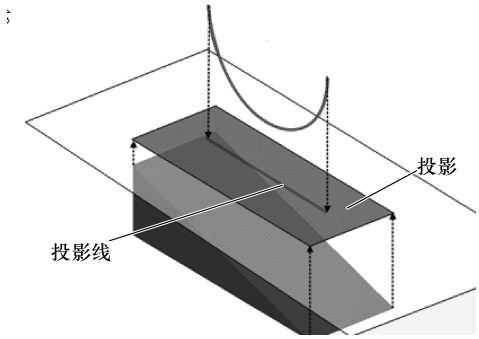
图 5-33　由主轴和主方向组成的角度控制刀轴

表 5-2　由曲线组成的角度工作原理

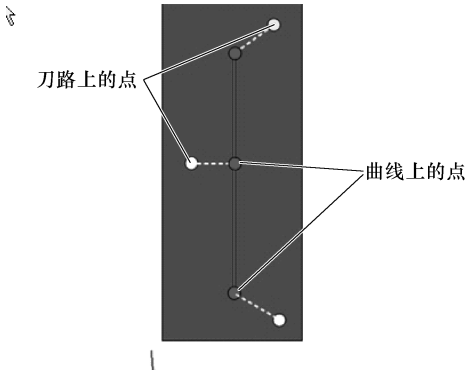
1）假设驱动曲面上面有一条曲线	2）系统会考虑机床主轴方向（一般是 Z 轴）和主轴垂直的平面（一般是 XY 平面）
	

（续）

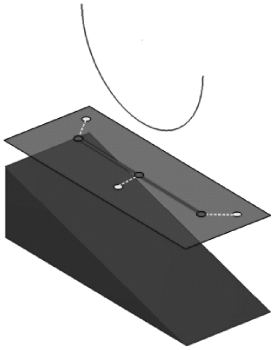
3）把影响刀轴的曲线和驱动曲面投影到这个平面上（平面要选在驱动面和曲线中间）



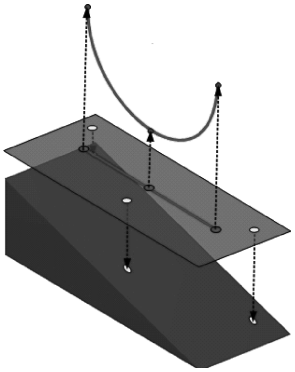
4）随机选取投影面轨迹上的3个刀路点，系统能在投影线上分别找到和这三点距离最近的点。



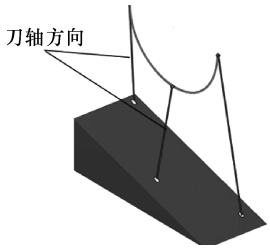
5）分别连接各点得到3条线



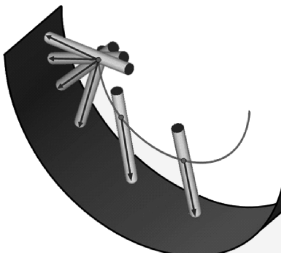
6）把各点分别投影到驱动曲面和曲线上



7）连接这些投影点，所得到的直线方向就是刀轴方向



例：基于上面的刀轴倾斜原理，有几处刀轴方向都通过曲线的上端点



4）由始至终：这种倾斜类型经常用在弯管类零件的加工。弯管加工经常是Z向等高加工。Z向加工的层数由最大Z向步距决定，此时系统将在倾斜线虚拟地生成和层数相等的

点，以便每层刀轴的方向通过对应线上的点，在加工弯管时倾斜线必须在导动面的上面，而且刀轴开始倾斜的起始端点要在正确的位置。

如图 5-34 所示，加工最大步距为 10mm，而且加工曲面共有 10 层，因此曲线上会有 10 个点，每一个层的切削刀轴都会对应曲线上的点，这个例子是从上到下对应的。

5）自动曲线：系统自动计算出控制刀轴方向的倾斜线而不是人为的拾取倾斜线，如图 5-35所示。在加工深腔零件或者高的凸模时会用到，固定倾斜角度默认是零，如果主轴是 Z 向，那么刀轴的方向就是平行于主轴方向。图 5-36 所示的衰减距离是曲面和曲线之间的距离，可以输入一个数值或者刀具半径的百分比。

图 5-34　由始至终

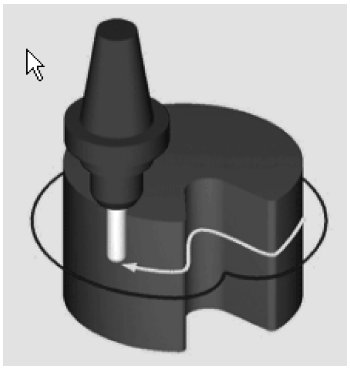


图 5-35　自动曲线

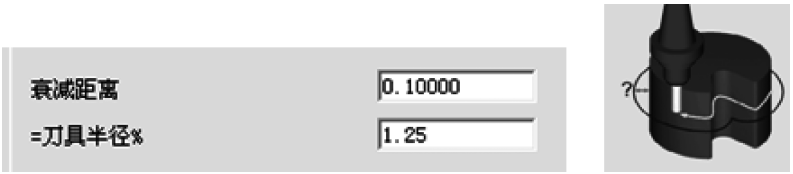


图 5-36　衰减距离参数

6）从每个轮廓的起点至终点：刀路轨迹上的每一个点的刀轴方向是逐渐沿着倾斜线倾斜，在刀路轨迹上的起始点，刀轴开始向倾斜线的起始位置倾斜，在刀路轨迹的中间点，刀轴就会向倾斜线的中点倾斜，在刀路轨迹上的终点，刀轴就会向倾斜线的终点倾斜，每个刀路点的刀轴方向都会对应于倾斜线确定的点，如图 5-37 所示。

8. 通过直线倾斜

刀具在加工过程中，刀轴方向将逼近所选择的直线方向进行加工，如图 5-38 所示。使用这个倾斜策略时界面会出现【使用通过倾斜功能】这项参数，此参数后面有两个选项将影响刀轴的方向：一个是【所有直线以距离赋值】和【始终靠近两直线】。

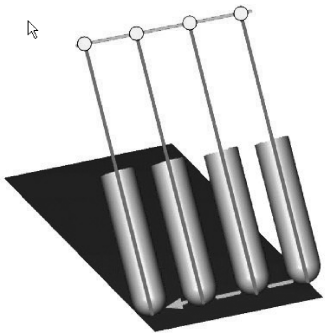


图 5-37　从每个轮廓的起点至终点

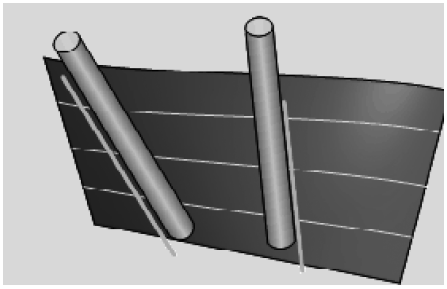
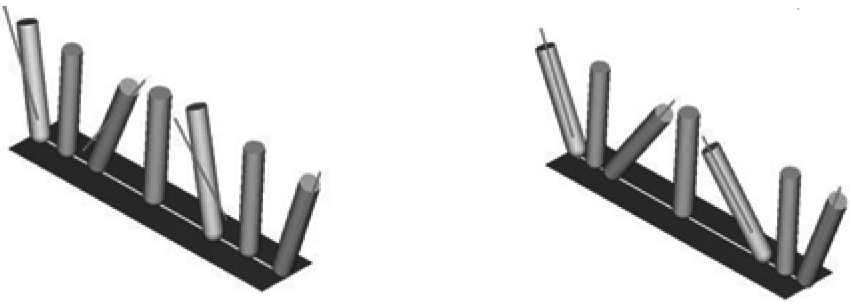


图 5-38　通过直线倾斜

1）所有直线以距离赋值：控制刀轴的多个直线方向不同时，刀轴的倾斜方向是这些线的平均方向，就是说刀轴方向不会和任意一个直线的方向相同，如图 5-39a 所示。

2）始终靠近两直线：刀轴的方向和选择的倾斜线的方向一致，如图 5-39b 所示。



a)　　b)

图 5-39　通过直线倾斜的两种情形

9. 从点向外倾斜

刀具在加工过程中，刀轴方向始终从一个几何点向外倾斜，这个点一定要处在驱动曲面的下方。如图 5-40 所示，此点的选取可以通过输入坐标值或通过拾取已经创建的点来确定。【固定倾斜角度】用法和前面介绍的一样。

图 5-40　从点向外倾斜参数

10. 从曲线向外倾斜

刀具在加工过程中，刀轴的倾斜方向是从曲线向外倾斜，如图 5-41 所示。曲线必须在

导动面的下方，刀轴的倾斜有 5 种类型：靠近点、由曲线组成的角度、由主轴和主方向组成的角度、自始至终和从每个轮廓的起点和终点。

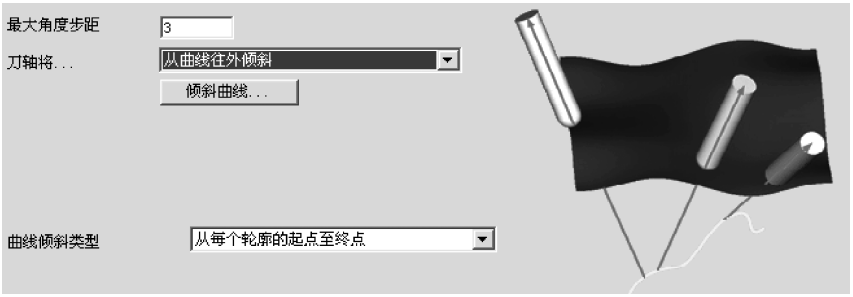


图 5-41　从曲线向外倾斜

1）靠近点：刀轴方向是当前刀具路径点到曲线的最短距离这个方向上。

2）由曲线组成的角度：工作原理类似【靠近点】这种倾斜类型，不同的是在使用固定倾斜角时，刀轴中心线的倾斜是从倾斜线向主轴方向进行的。

3）由主轴和主方向组成的角度：工作原理类似【曲线组成的角度】这种倾斜方式。不同的是刀轴倾斜时刀具从主轴向曲线方向倾斜，主轴向倾斜线的倾斜角度从【固定倾斜角度】参数里来设置，如果设置为 0，则刀轴的方向和主轴 Z 向平行。

4）由始至终：如图 5-42 所示，系统在曲线上生成若干点，点数和切削层数相等，每一个切削层上的刀轴方向都指向曲线上的对应点。

5）从每个轮廓的起点和终点：系统将在倾斜线上生成若干点，点数和刀路轨迹点数相等，刀路点和倾斜线对应点的连线就是刀轴的方向，如图 5-43 所示。

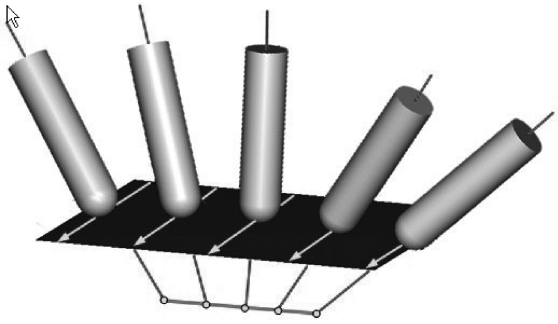


图 5-42　由始至终

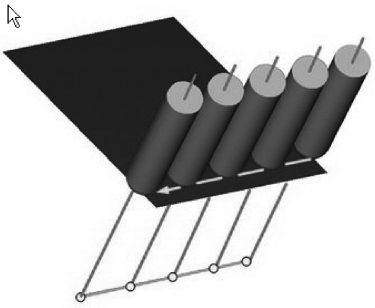


图 5-43　从每个轮廓的起点和终点

5.3.4　限制

此功能用来限制刀轴在一定的角度范围之内倾斜。勾选这个选项，再单击【限制】按钮会出现如图 5-44 所示的控制面板，在这个面板中可以对 4 种不同的场合进行限制。

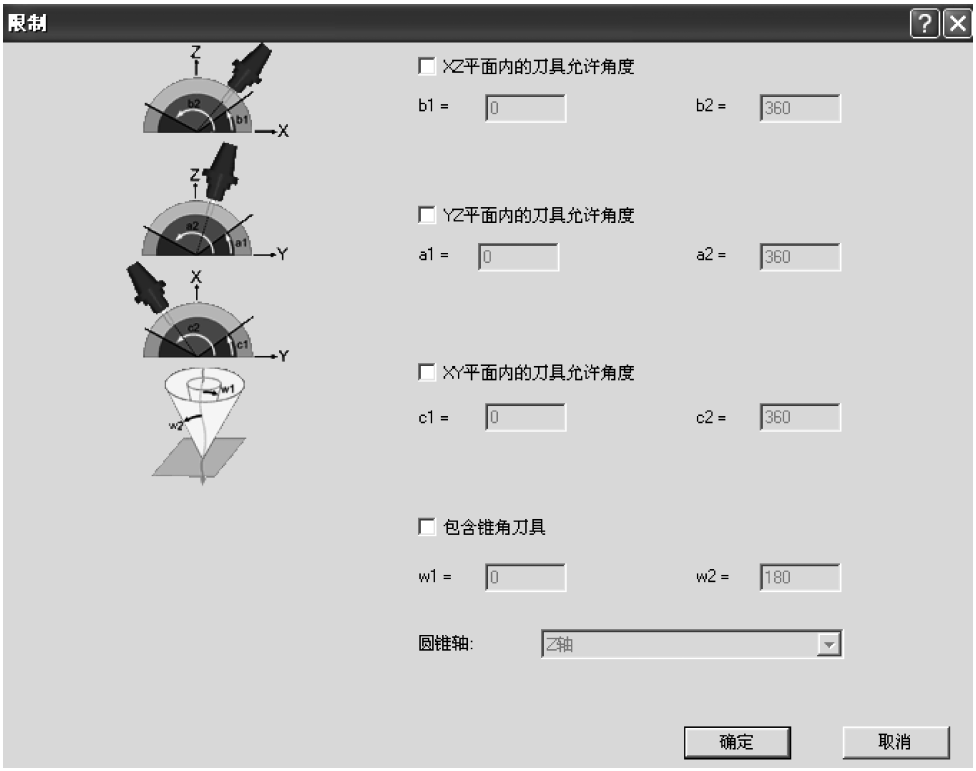


图 5-44　机床限制设置面板

1. XZ 平面内的刀具允许角度

对绕着 Y 轴旋转的刀具进行限制，如图 5-45a 所示。可以在 XZ 平面的两个角度来限制刀轴方向。b1 设置的是起始角度，b2 设置的是终止角度，刀轴只能在这两个角度之间摆动。

2. YZ 平面内的刀具允许角度

对绕着 X 轴旋转的刀具进行限制，如图 5-45b 所示，可以在 YZ 平面的两个角度来限制刀轴方向。a1 设置的是起始角度，a2 设置的是终止角度，刀轴只能在这两个角度之间摆动。

3. XY 平面内的刀具允许角度

对绕着 Z 轴旋转刀具进行限制，如图 5-45c 所示，可以在 XY 平面的两个角度来限制刀轴方向。c1 设置的是起始角度，c2 设置的是终止角度，刀轴只能在这两个角度之间摆动。

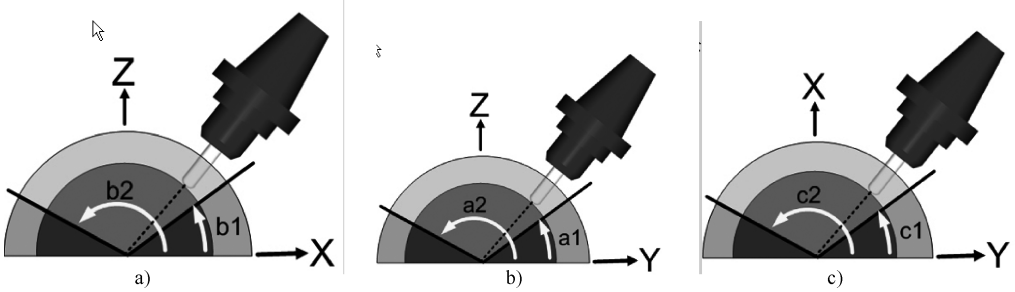


图 5-45　摆角限制

4. 包含锥角刀具

如图 5-46 所示，可以把刀轴方向限制在 w1 和 w2 两个圆锥之间。w1 和 w2 两个圆锥的回转轴线可以是 X 轴、Y 轴和 Z 轴，也可以使用定义的方向和使用引导曲线，可以在如图 5-47 所示的界面中设定角度。

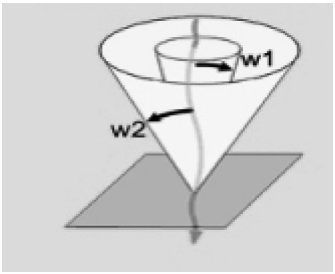


图 5-46　锥角限制

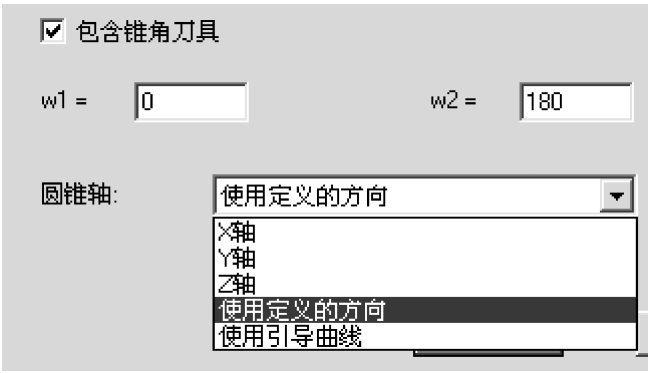


图 5-47　锥角设定

【提示】:

☆ 有些机床的摆角行程受到空间上的限制，此时编程时要按照上面的介绍进行合理设置刀轴旋转范围，设置的范围必须要和机床实际吻合，否则加工过程中机床会报警。

☆ 有时候为了工艺要求也进行摆角限制，比如因为摆动太大刀轴可能会碰到工作台，此时也需要对刀轴方向进行限制。

5.4　4 轴加工综合练习

本练习可以学到以下知识：

- 4 轴定位加工编程
- 从外部文件（STL 格式）创建毛坯
- 航空铣曲面路径的应用
- 刀轴的控制方法
- 防止过切和碰撞设置即干涉检查
- 路径连接方式
- 程序复制的方式

5.4.1　加工说明和工艺安排

练习的文档名称是“仿弹壳体”，如图 5-48 所示的是要加工零件的三维图，图 5-49 所示的是零件加工之前的毛坯状态，是一个直径为 58.96，长度为 126 的圆棒，只加工叶片部位和分布在外圆上的 3 处槽，零件材质为硬质铝合金，要求一次装夹把零件加工到位，最终加工精度要求达到 *Ra*3.2 以上。具体工艺安排见表 5-2。

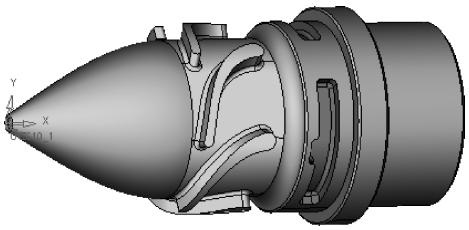


图 5-48　要加工零件的三维图

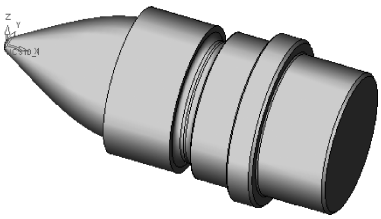


图 5-49　零件加工之前的毛坯状态

表 5-2　仿弹壳体加工工艺列表

序号	程序名称	刀具名称	直径/mm	刀尖圆角	刀具类型	转速/(r/min)	进给/(mm/min)
1	叶片槽粗加工	BULL4R0.5	4	0.5	牛鼻子刀	10000	3000
2	复制程序	BULL4R0.5	4	0.5	牛鼻子刀	10000	3000
3	粉色槽粗加工	BULL4R0.5	4	0.5	牛鼻子刀	10000	3000
4	复制程序	BULL4R0.5	4	0.5	牛鼻子刀	10000	3000
5	粉色槽精加工	BALL2	2	1	球刀	20000	1800
6	复制槽精加工程序	BALL2	2	1	球刀	20000	1800
7	叶片精加工	BALL2	2	1	球刀	20000	1800
8	叶片槽精加工	BALL2	2	1	球刀	20000	1800

文档在光盘\练习文档\4 轴编程文档文件夹下，做练习之前把光盘的内容都复制到电脑硬盘里，在光盘【练习结果\4 轴】文件夹下有最终完成的编程文件，可供学员参考，下面详细介绍练习的过程。

5.4.2　进入编程环境

双击 Cimatron E10 图标，进入软件的初始界面，如图 5-50 所示。

单击界面中的新建图标按钮，并按照图 5-51 中所标记的箭头顺序进行单击，进入软件的编程界面。

默认进入的界面是高级编程模式，单击工具条上的图标，可以切换到向导编程模式，如图 5-52 所示。

图 5-50　Cimatron E10 初始界面

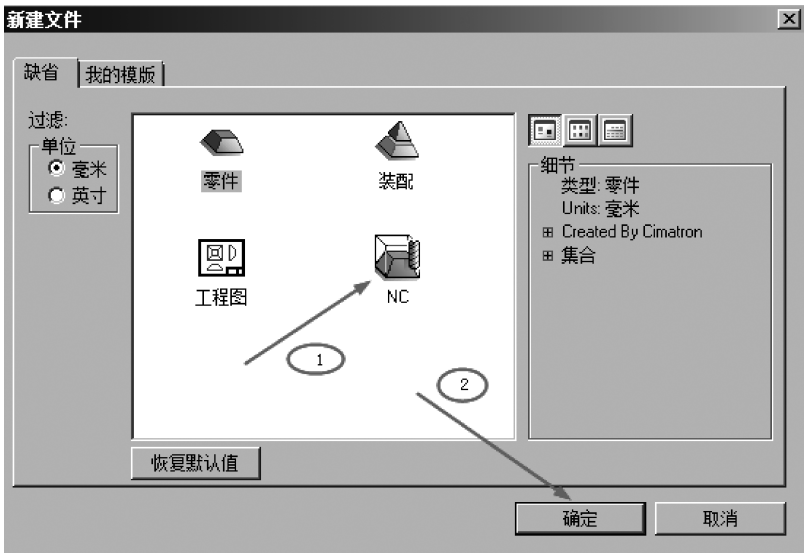


图 5-51　选择编程环境

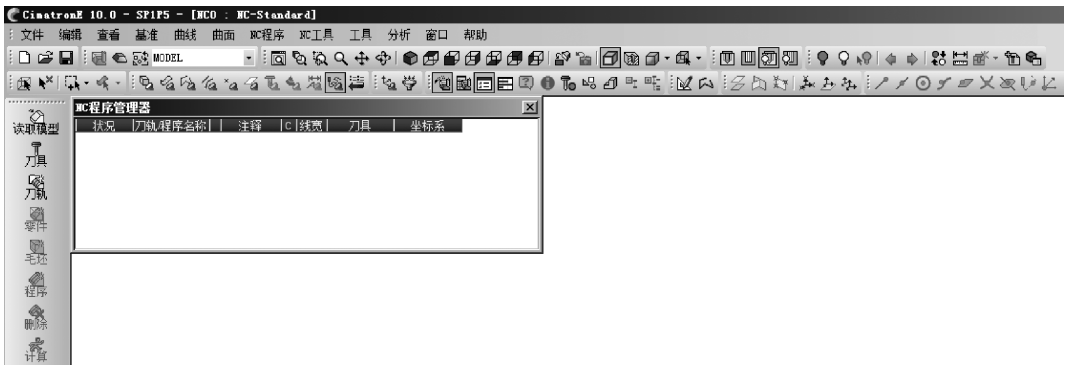


图 5-52　向导编程模式窗口

5.4.3 加载编程模型

单击图5-52窗口中左侧向导条上的【读取模型】图标

，浏览到仿弹壳体后，单击文件名称，再单击【选择】按钮，如图5-53箭头所示的操作顺序。

图5-53 选择加工模型

在出现的坐标系选择界面里默认出现的坐标系选项并单击【确认】按钮，如图5-54所示，完成模型的加载。

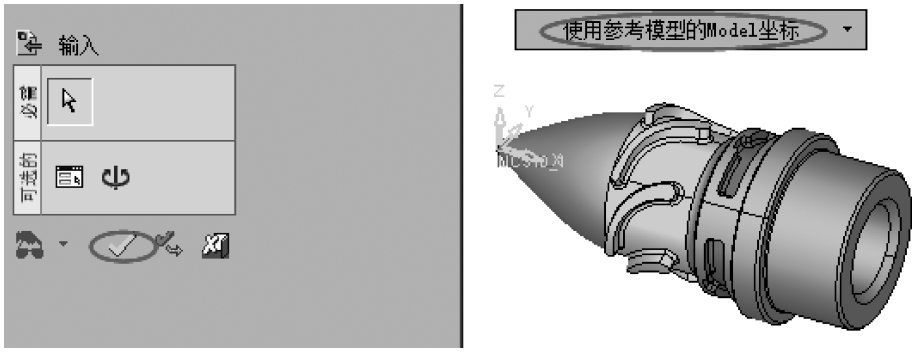


图5-54 模型加载

5.4.4 编程准备——模型分析

1. 圆角分析

选择主菜单【分析】→【曲率分析】命令，框选整个模型，把所有面全部选中，然后单击鼠标中键确认所选择的面，把光标放到如图5-55所示的位置，可以得知要加工部位的最小圆角半径是1.103，故此精加工叶片和圆角可以选择直径为2mm的球刀。

2. 测量

单击工具条上的测量图标 ，然后选择测量距离选项，再分别选择两个圆角上边

的边线，如图 5-56 所示，可以得知最窄处的距离是 5.137，故此粗加工两叶片之间的槽可以选择直径为 4 的牛鼻子刀具，通过测量也可以知道粉色（见电脑界面）处的槽宽是 6。

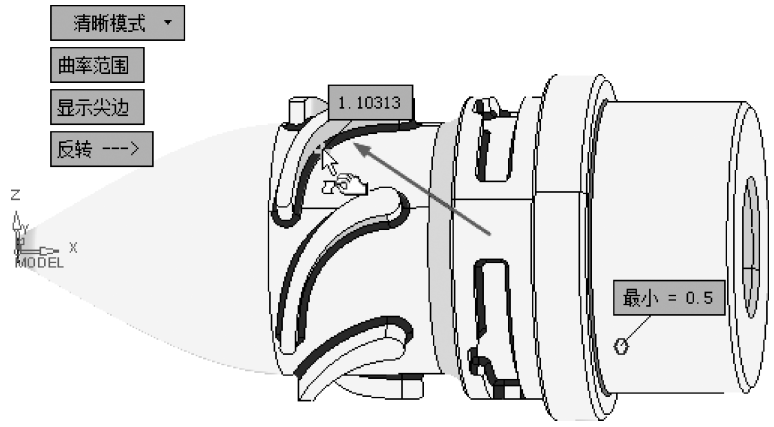


图 5-55　圆角分析界面

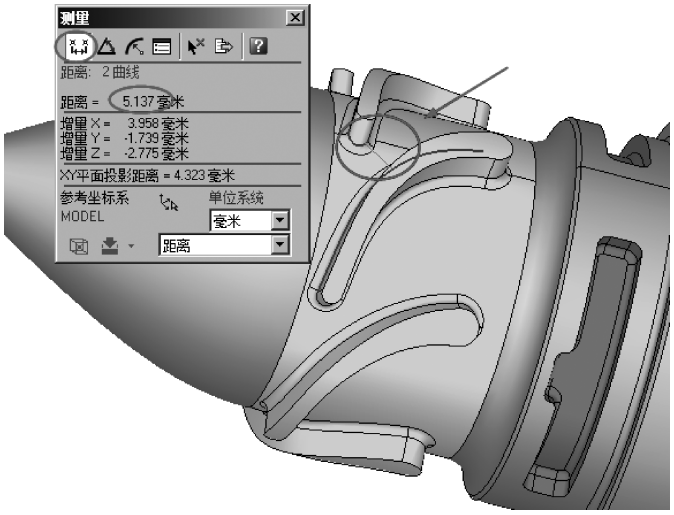


图 5-56　测量最窄加工区域尺寸

5.4.5　创建新刀具

单击图 5-52 窗口中左侧向导条上的创建刀具图标 刀具，在出现的窗口单击箭头所示的【新刀具】图标，按照前面 3 轴综合练习介绍的方法创建两把刀具。

1. 创建牛鼻子刀

刀具名称：BULL4R0.5，刀具直径是 4，圆角半径是 0.5，有效长度为 16，并设定刀柄参数，详细的参数输入请参照图 5-57 所示进行。

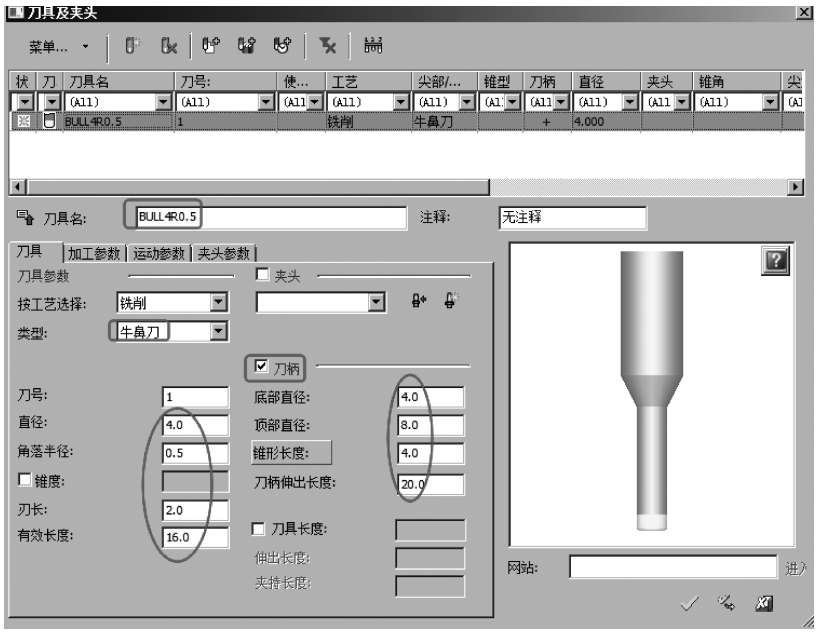


图 5-57　创建牛鼻子刀具

2. 创建球刀

刀具名称：BALL1.5，刀具直径是 1.5，有效长度为 6，并设定刀柄参数，详细的参数输入请参照图 5-58 所示进行。参数设定好后单击【确认】按钮，此时刀具库会存在刚创建的两把刀具。

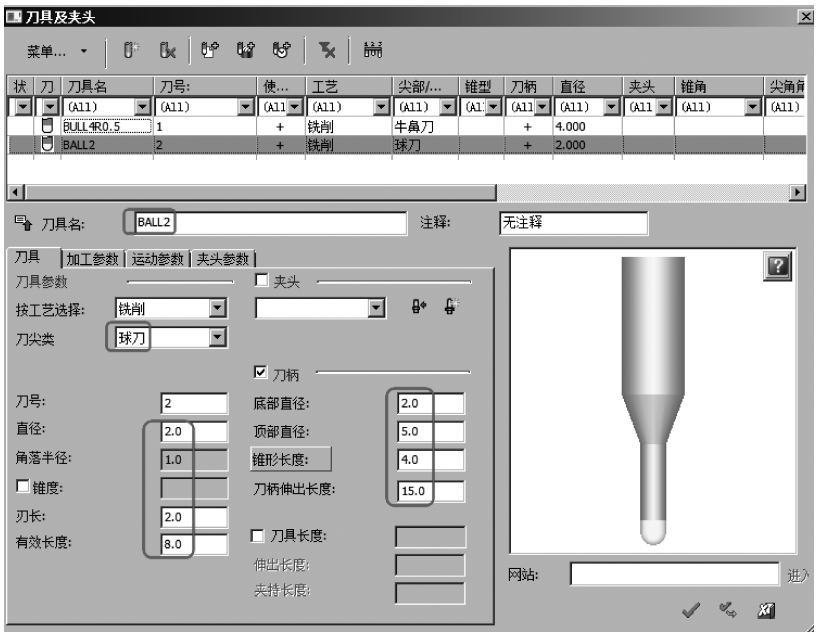


图 5-58　创建球刀

5.4.6 创建4轴刀轨（toolpath）

单击图5-52窗口左侧向导条上的刀轨图标 ，在弹出的窗口中将刀轨【类型】选择为4轴，【旋转轴】选择为X轴，【注释】中输入“4轴综合练习”，再单击【确认】按钮，操作可按照图5-59所示进行。

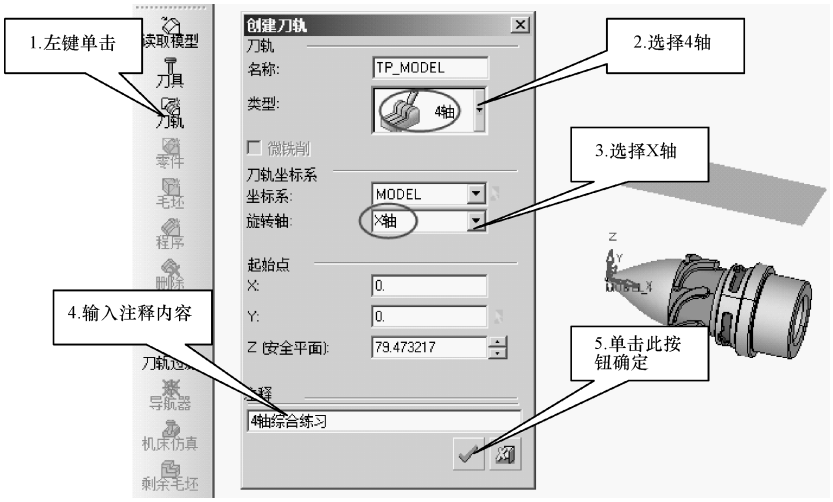


图5-59 创建刀轨

结果在程序管理器窗口出现带有注释的TP_MODEL，如图5-60所示。

图5-60 程序管理器

5.4.7 创建4轴毛坯

本练习是通过外部文件创建毛坯，毛坯文件在光盘“练习文档\4轴编程文档”文件夹下，是STL格式。

单击向导条创建毛坯图标 ，打开毛坯设置界面，毛坯类型选择：【从文件】，单击界面上的打开图标 ，找到毛坯文件maopi. stl所处的文件夹位置，单击【计算】按钮可以查看加载结果，结果应该是右侧显示的情形，最后单击【确认】按钮，具体操作可参考图5-61所示的步骤。

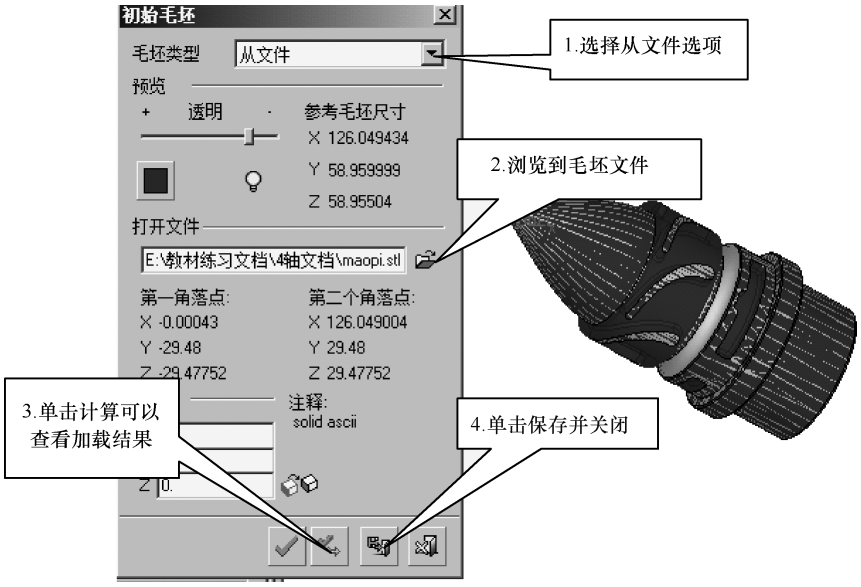


图 5-61　从文件创建毛坯

5.4.8　创建叶片间粗加工程序

单击 NC 向导条上的创建程序图标 ，会弹出如图 5-62 所示的程序窗口，确认主选择是【体积铣】，子选择选择【环绕粗铣】工艺。

图 5-62　程序管理器

为了选择轮廓方便，单击工具栏图标 ，以俯视图方式查看零件，单击图 5-62 中窗口上的轮廓（可选）右侧的按钮，在弹出的轮廓管理器窗口【刀具位置】参数右侧选择轮廓外，再选择图 5-63 所示的轮廓，单击鼠标中键确认轮廓选择。

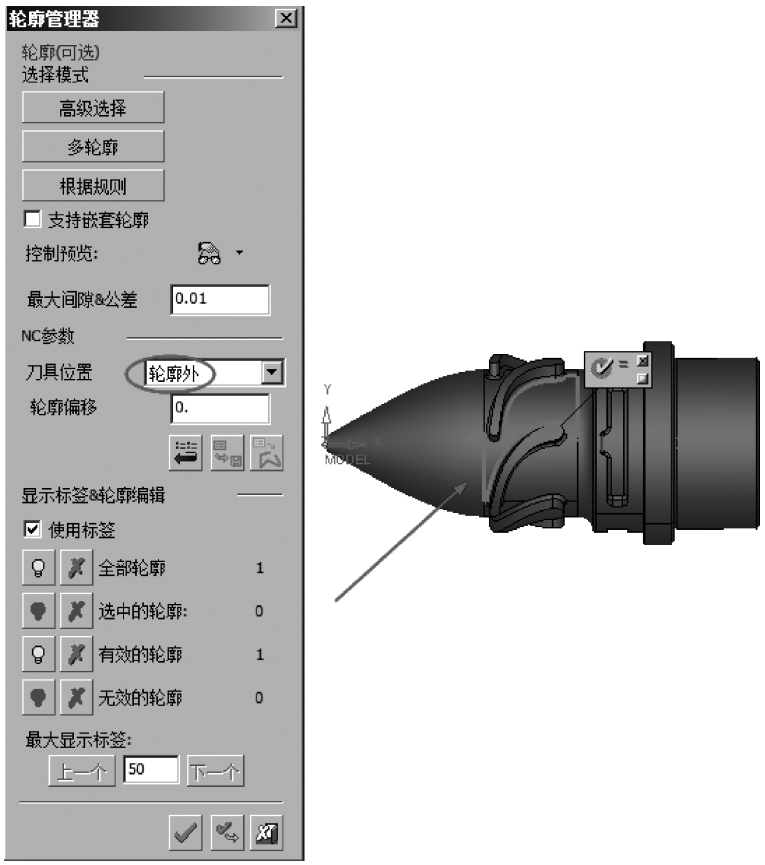


图 5-63　粗加工轮廓选择

然后单击【零件曲面】参数右侧的按钮，再框选所有曲面，如图 5-64 所示，单击鼠标中键退出，此时界面应该是如图 5-65 所示的结果：轮廓选择了 1 个，曲面选择了 204 张。

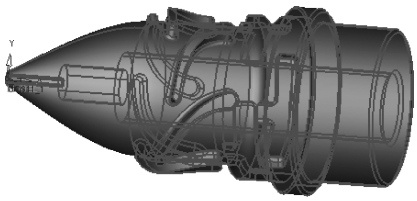


图 5-64　框选所有曲面

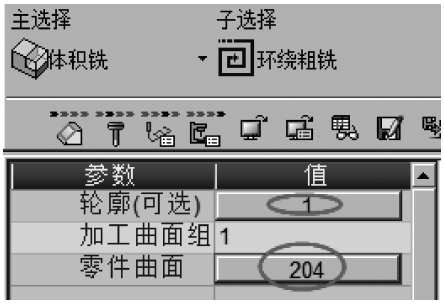


图 5-65　选择的结果

单击图 5-65 中的刀具图标，在弹出的刀具和夹头窗口选择直径为 4 的牛鼻子刀具，如图 5-66 所示，单击【确认】按钮。

单击刀路参数图标，则会弹出如图 5-67 所示的窗口，各个参数项设定如下。

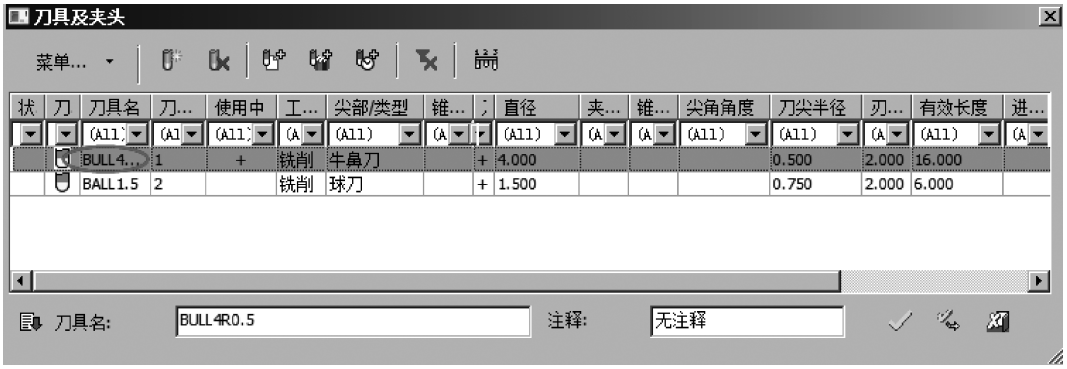


图 5-66　刀具及夹头管理器

1）安全平面和坐标系：内部安全高度参数改成【优化】选项，高度值输入 5，如图 5-68所示。

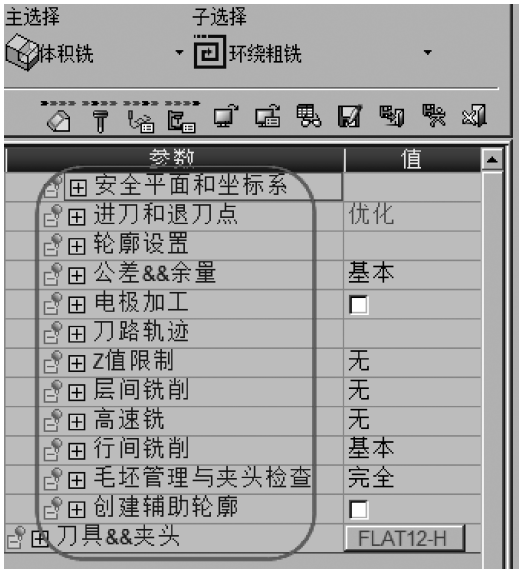


图 5-67　刀路参数

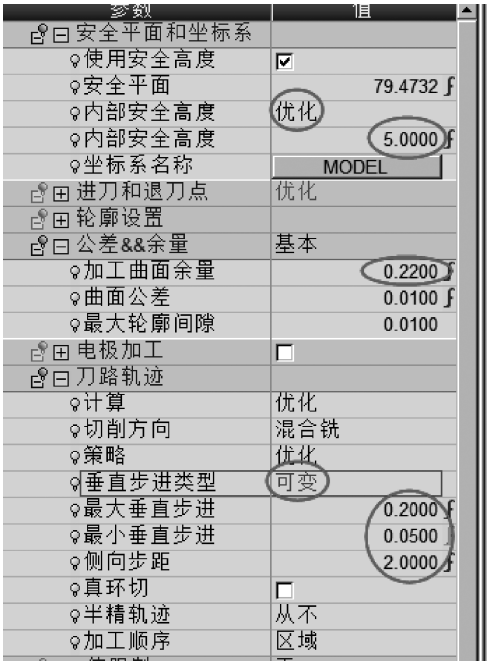


图 5-68　刀路部分参数

2）进刀和退刀点：默认系统设置，系统自动会从外部下刀。

3）轮廓设置：默认系统设置。

4）公差 && 余量：选择基本设定模式，加工曲面余量参数右侧输入 0.22，如图 5-68 所示。

5）电极加工：这里和电极无关，不需要设定。

6）刀路轨迹：垂直步进类型选择【可变】，垂直步距和侧向步距分别输入 0.20 和 2，其他设置如图 5-68 所示。

7）其余选项下的参数全部默认，不需要修改，系统内部的设定已经能够满足本案例的加工要求。

以上参数设定完毕后，单击程序管理器上的设定机床参数图标，主轴转速设置为10000，进给设置为3000.0000，如图5-69所示。

单击保存并计算图标，完成粗加工程序刀路轨迹的计算，结果如图5-70所示。

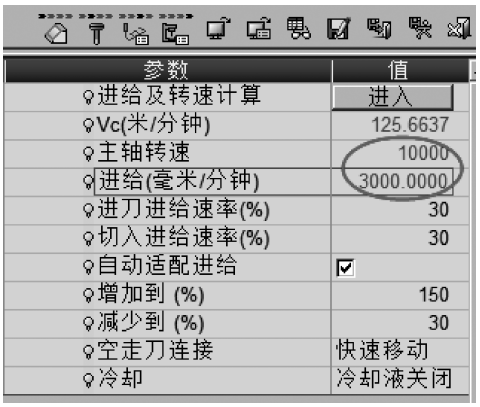


图5-69　机床参数

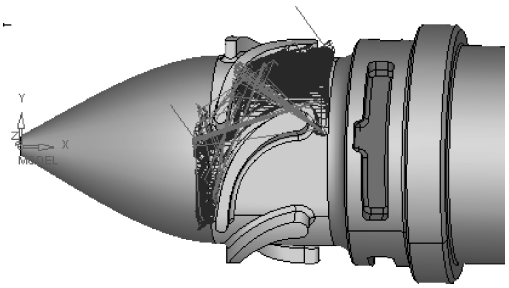


图5-70　粗加工轨迹

5.4.9　创建其他叶片间粗加工程序

因为叶片是在圆周均匀分布的，完成了一个槽的粗加工程序设计，其余槽的粗加工程序可以通过旋转复制来完成。

选择NC向导条上的程序图标，主选择切换成【转换】选项，子选择切换成【复制阵列】，如图5-71所示。

图5-71　选择复制阵列

接着单击图中【程序】参数右侧的按钮打开【选择程序】窗口，如图5-72所示，勾选体积铣程序，然后单击【确认】按钮，注意【程序】参数右侧的“0”变成了“1”，说明选择了一个将要被复制的程序。

把图5-72中【用几何进行转换】参数右侧的选项切换成【仅放射中心】选项，并单击【仅放射中心】参数下面的按钮去选择图5-73所示的坐标系原点为程序复制所需要的旋转中心，再单击【确认】按钮退出旋转中心的选择，此时的界面如图5-74所示，图中显示旋转点已经被选择了。

单击刀路参数按钮，在出现的窗口需要设定三个参数：一个是坐标系改成ucs11-8

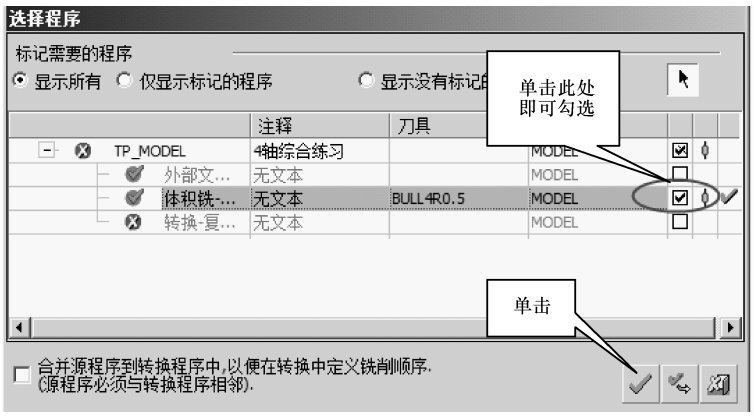


图 5-72　选择程序管理器

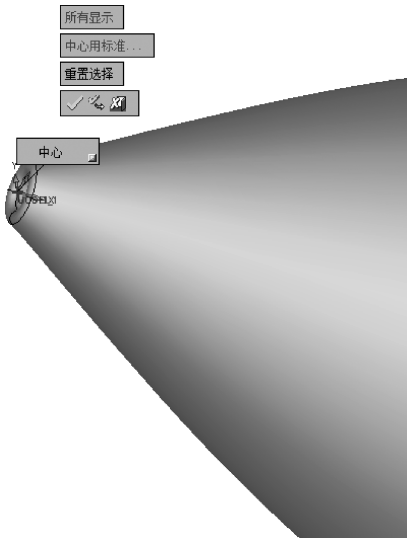


图 5-73　选择旋转中心

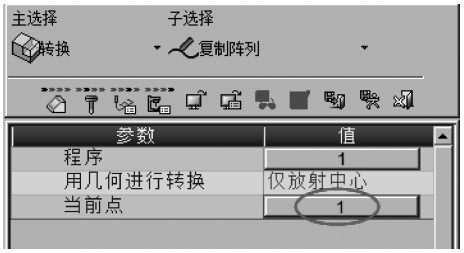


图 5-74　选择了程序和中心点

(此坐标系的 Z 轴和零件的轴向必须一致，事先已经在模型上做好了)，一个是旋转【次数】参数输入 6，还有一个【角度】参数输入 60，如图 5-75 所示。

图 5-75　程序复制刀路参数

单击【保存并计算】按钮，完成程序的复制。结果在管理器上出现了阵列的程序，同时叶片间都出现了粗加工轨迹，如图 5-76 所示。

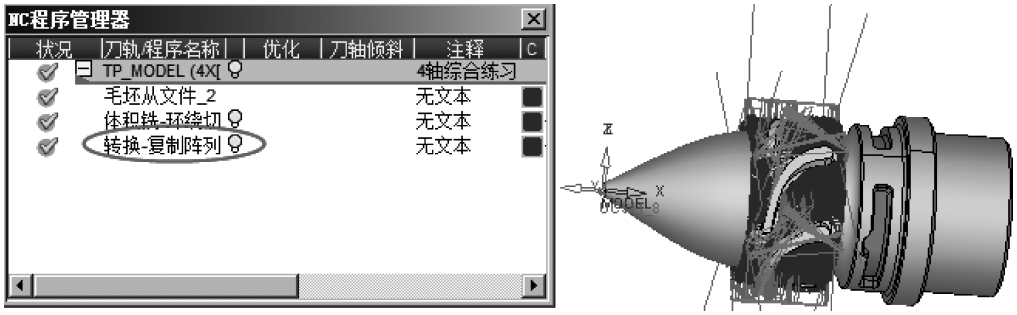


图 5-76　叶片槽粗加工轨迹

5.4.10　创建槽粗加工程序

因为加工这三处槽的粗加工工艺和加工叶片槽的工艺类似，只不过是加工位置不同，故此可以通过复制第一个程序再修改轮廓的办法来完成。

在第一个程序名称位置单击左键，单击右键选择【复制】，再单击第二个程序，接着单击右键选择【粘贴】，即可在第二个程序下面复制一个粗加工程序，如图 5-77 所示，下面对程序参数进行修改。

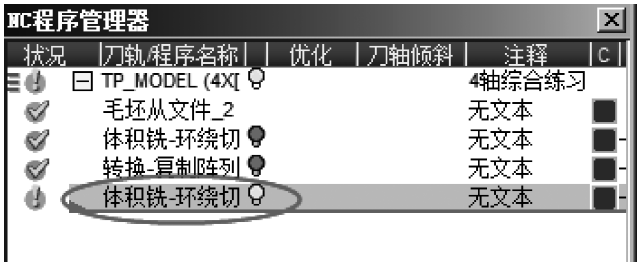


图 5-77　复制一个粗加工程序

图 5-78　修改轮廓

双击第三个也就是上面复制的程序，在弹出的窗口里单击【轮廓（可选）】参数右侧按钮，如图 5-78 箭头所示，进入轮廓选择管理器窗口，勾选【使用标签】选项，再单击图中箭头所示的【删除轮廓】按钮，如图 5-79 所示。

请参照图 5-80 所示的说明选择新的轮廓，注意轮廓应该选择在 ISO 视图时上面槽的轮廓，正确选择了槽的封闭轮廓后单击鼠标中键确认，再单击鼠标中键退出轮廓管理器，单击保存并计算图标，结果应该是如图 5-81 所示的刀路轨迹。

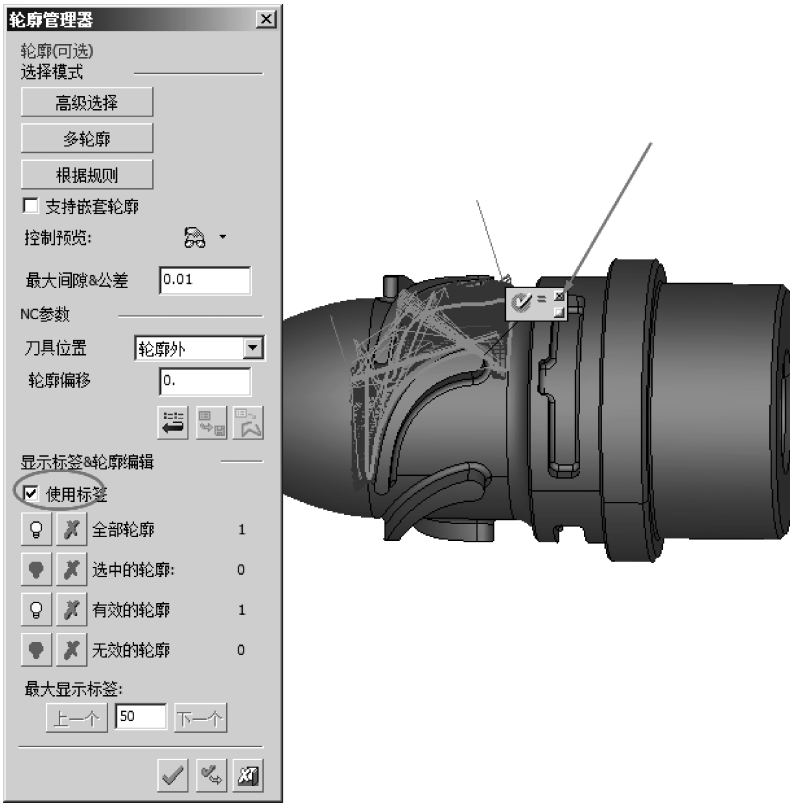


图 5-79　删除存在的轮廓

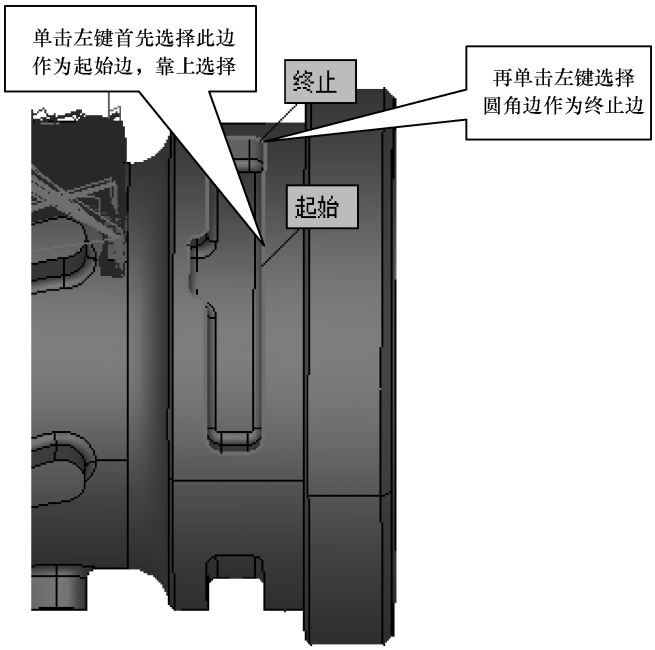


图 5-80　轮廓的选择

按照以前复制程序的方法完成其他两个槽的粗加工程序，可以参照图 5-82 和图 5-83 所示设置参数。和上面第二个程序的设计过程一样，只不过是复制的程序是第三个程序，最终的计算结果如图 5-84 所示。

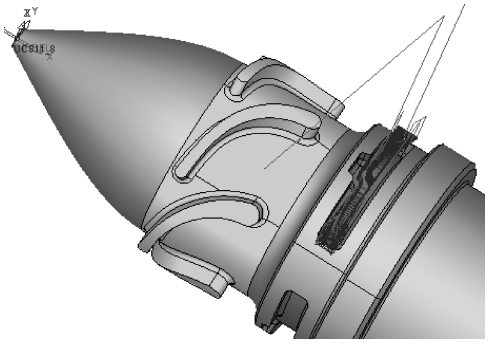


图 5-81　粉色槽的粗加工刀路轨迹

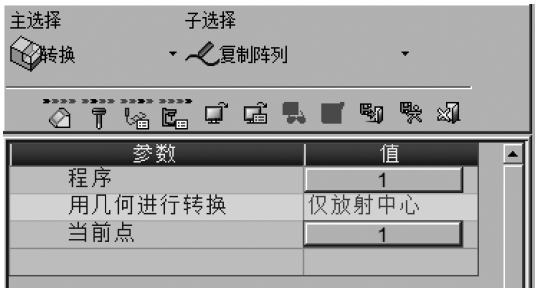


图 5-82　选择程序和旋转点

图 5-83　程序复制参数

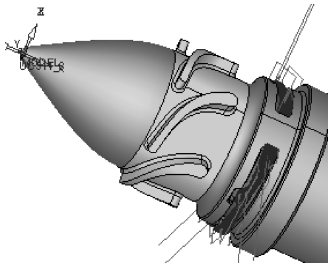


图 5-84　程序复制结果

至此，粗加工已经设计完毕，为了下面编程方便，只显示第一个程序轨迹，隐藏其他轨迹。

5.4.11　创建槽（3 处）的精加工程序

在上面进行复制程序时，因为用到了其他坐标系进行计算，坐标系 MODEL 已经不是激活状态，在编制槽（3 处）的精加工程序时需要把这个坐标系激活，激活的办法是：单击工具条上坐标系下拉按钮，选择 MODEL 坐标系，此时 MODEL 坐标系又重新变成红色，如图 5-85所示，MODEL 坐标系就是我们创建 TP 时选择的坐标系。

图 5-85　激活坐标系的方法

单击 NC 向导条上的创建程序图标程序，在弹出窗口的主选择下面选择【曲面铣削】加工策略，在子选择下面选择【根据角度精铣】工艺，如图 5-86 所示。

图 5-86　策略和工艺选择

然后单击【轮廓（可选）】参数右侧的按钮，进入“轮廓管理器”窗口，刀具位置选择【作为接触点】，如图 5-87 所示，选择槽上边的两个边线（和设计槽粗加工时轮廓的选法以及位置是一样的），单击鼠标中键两次退出轮廓的选择。

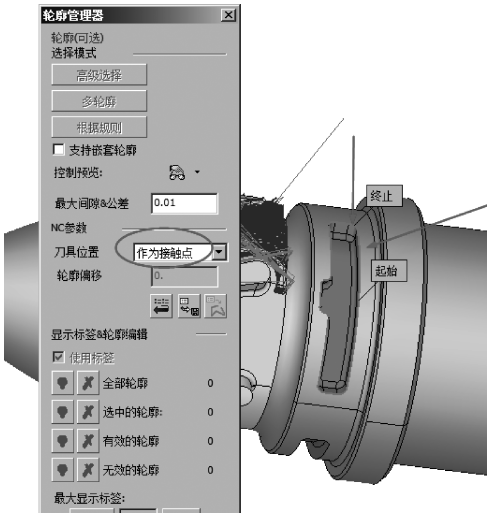


图 5-87　定义轮廓参数

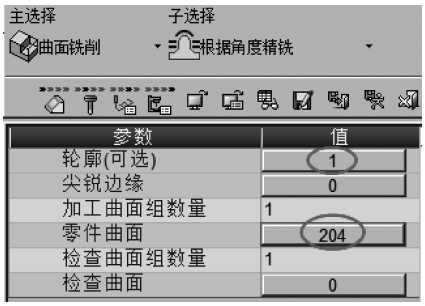


图 5-88　轮廓和曲面定义结果

再单击【零件曲面】参数右侧的按钮，在出现的窗口框选所有的曲面，单击鼠标中键确认选择，结果如图 5-88 所示。

单击刀具图标，在弹出的刀具和夹头窗口选择直径为 2 的球刀，如图 5-89 所示，单击【确认】按钮。

图 5-89　选择球刀

单击刀路参数图标，则会弹出如图 5-90 所示的窗口，各项参数的设定如下。

1）安全平面和坐标系：如图 5-91 所示。

2）进刀和退刀点：默认系统设置。

3）轮廓设置：在上面选择轮廓时已经选择好了，刀具位置是【作为接触点】，这里不需要修改任何参数。

4）公差 && 余量：加工曲面余量参数后面输入 0，如图 5-91 所示。

图 5-90　刀路参数

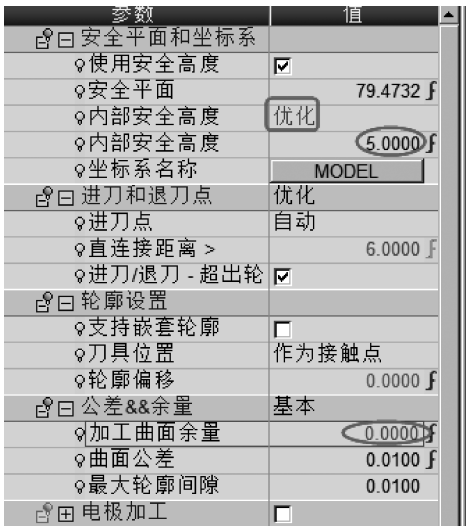


图 5-91　刀路部分参数

5）电极加工：不需要设置。

6）刀路轨迹：参照图 5-92 所示进行设置。

7）其余选项下的参数全部默认，不需要修改，系统内部的设定已经能够满足本案例的加工要求。

以上参数设定完毕后，单击程序管理器上的设定机床参数图标，主轴转速设置为 20000，进给设置为 1800.0000，并在冷却参数后面选择【冷却液流】，如图 5-93所示。

单击保存并计算图标，完成精加工程序刀路轨迹的计算，结果如图 5-94 所示。

按照以前复制程序的方法，完成其他两个槽的精加工设计，结果如图 5-95 所示。

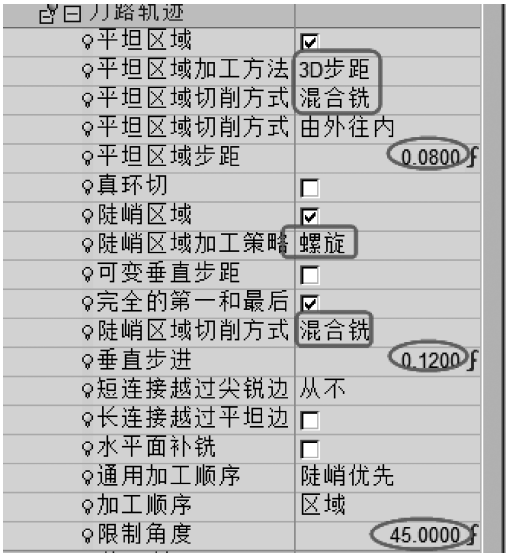


图 5-92　刀路轨迹参数

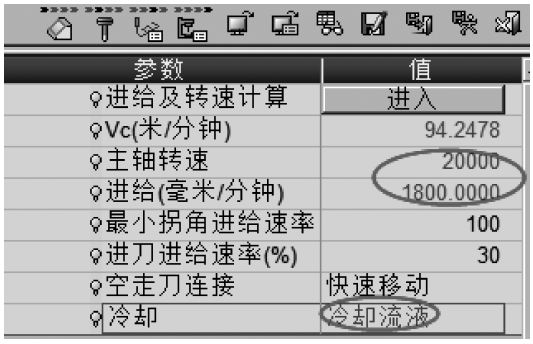


图 5-93　机床参数

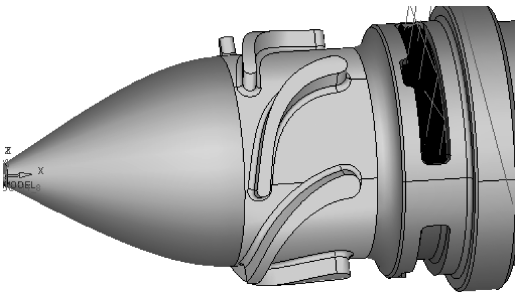


图 5-94　槽精加工轨迹

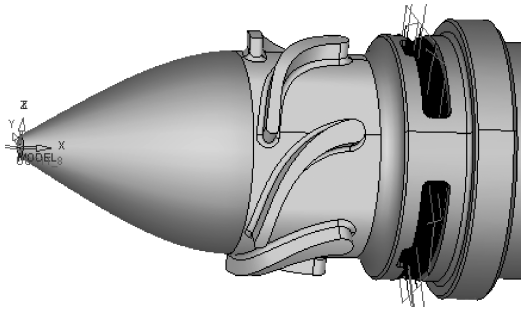


图 5-95　复制槽精加工轨迹

5.4.12　创建叶片的精加工程序

激活 MODEL 坐标系，单击 NC 向导条上的创建程序图标程序，在弹出窗口的主选择下面选择【五轴加工】加工策略，在子选择下面选择【航空铣】工艺，如图 5-96 所示。

图 5-96　选择航空铣工艺

单击刀具图标，在弹出的刀具和夹头窗口选择直径为 2 的球刀，如图 5-97 所示，单击【确认】按钮。

单击刀路参数图标，则会弹出如下图 5-98 所示的窗口，单击箭头指示的【进入】按钮则会弹出“五轴航空铣控制面板”界面，如图 5-99 所示，下面介绍对面板各项参数的设置。

图 5-97　选择球刀

图 5-98　选择航空铣工艺

1. 曲面路径参数设置

按照如图 5-99 所示的步骤进行参数选择或者输入，其中步骤 2 的操作方法是：单击箭头指示的按钮，再去选择图 5-100 箭头指示的三张面，步骤 3 选择叶片顶面，操作方法同步骤 2，如图 5-101 所示，步骤 4 选择叶片面和底部圆角为驱动曲面，操作方法同步骤 2，如图 5-102 所示。

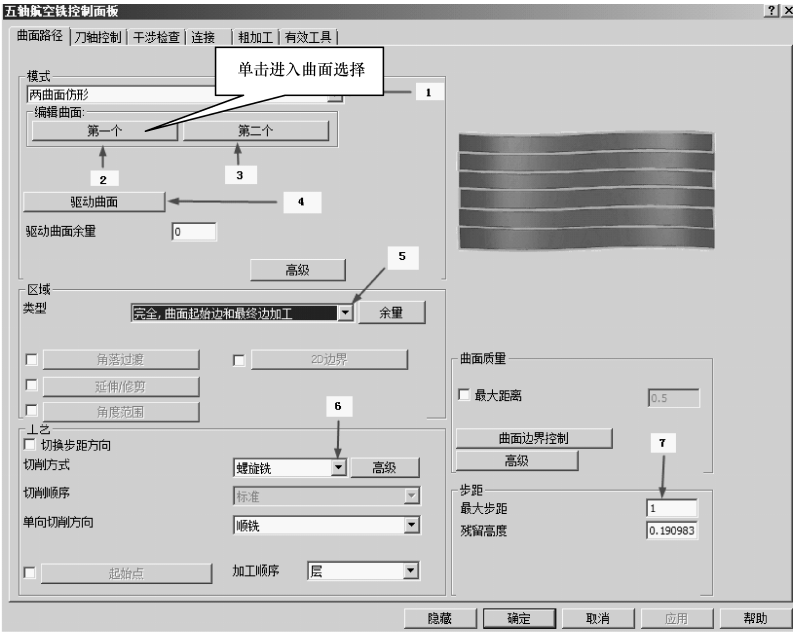


图 5-99　五轴航空铣控制面板

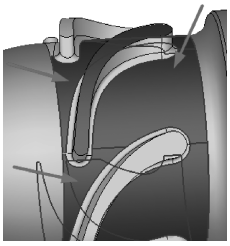


图 5-100　第一个面的选取

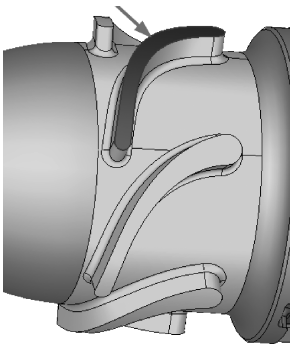


图 5-101　第二个面的选取

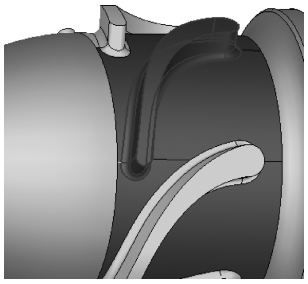


图 5-102　驱动曲面的选取

2. 刀轴控制参数设置

单击五轴航空铣控制面板上的【刀轴控制】选项，按照图 5-103 所示对各项参数进行设置。

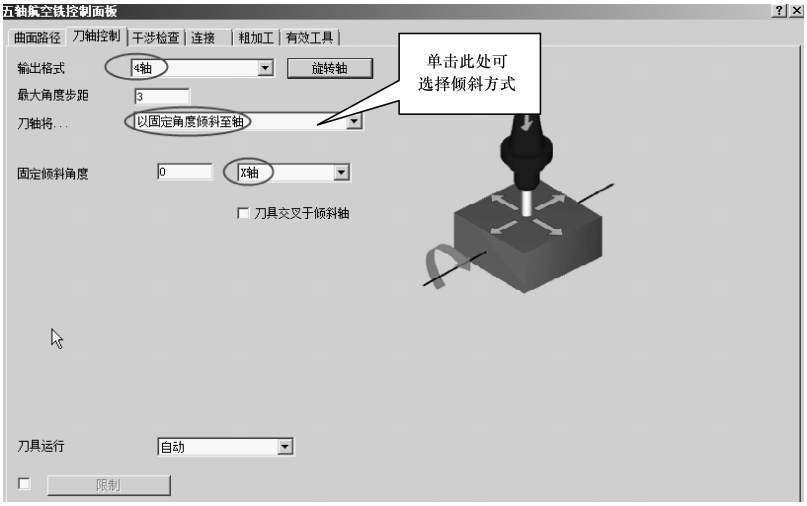


图 5-103　刀轴控制参数设定

3. 干涉检查参数设置

对于这个零件该选项不设定将会产生干涉，单击五轴航空铣控制面板上的【干涉检查】选项，进入【干涉检查】控制面板，按照图 5-104 所示的操作顺序设定合适的参数，其中步骤 4 的设定参数如图 5-105 所示。

4. 连接参数设置

单击五轴航空铣控制面板上的【连接】选项，进入【连接】控制面板，按照图 5-106 所示设定合适参数，其中【安全区域】参数按照图 5-107 所示设置。

5. 粗加工

设定这项的目的是生成六个叶片的精加工程序，而不是一个。

单击五轴航空铣控制面板上的【粗加工】选项，进入【粗加工】控制面板，首先勾选【平移/旋转】选项，如图 5-108 所示，然后单击这个按钮，弹出图 5-109 的参数设定窗口，按照图中显示的参数进行设定，设定好后单击此窗口上的【确定】按钮。

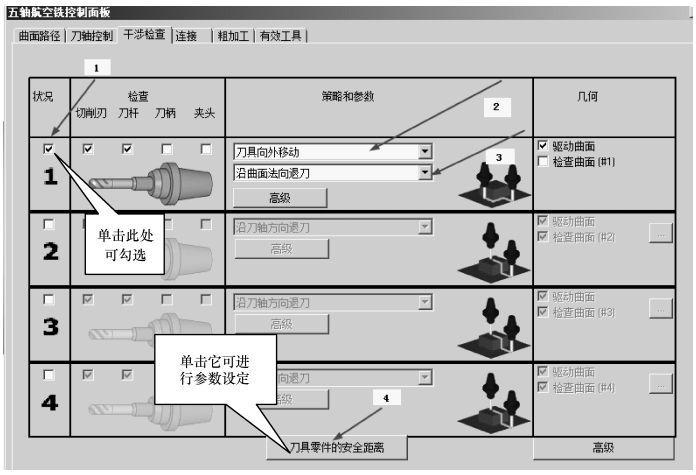


图 5-104　干涉检查参数设定

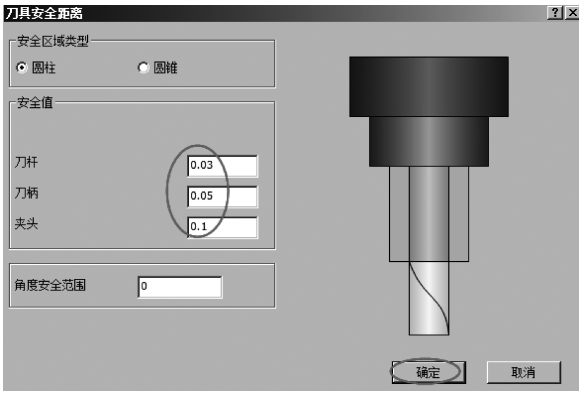


图 5-105　刀具安全距离参数设定

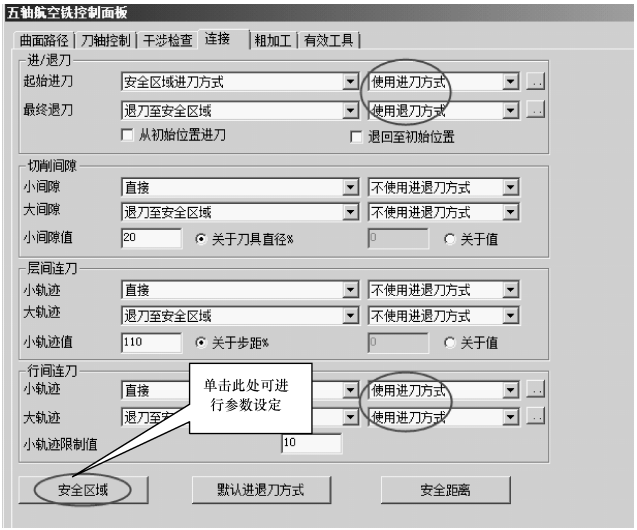


图 5-106　连接参数设定

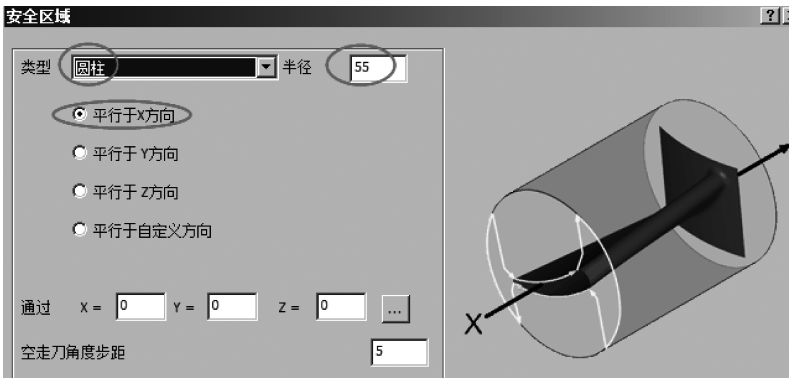


图 5-107　安全区域参数设定

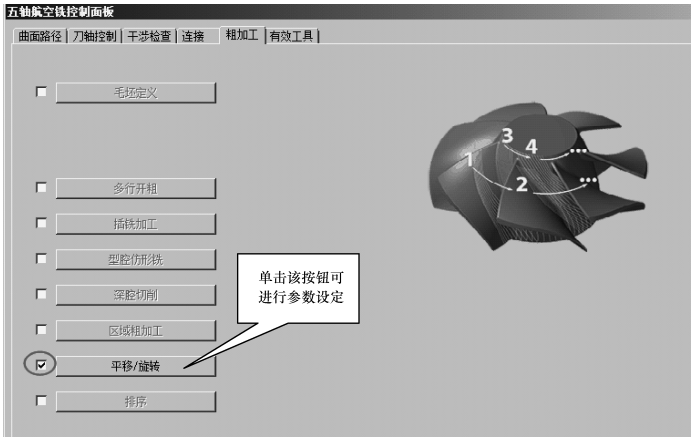


图 5-108　粗加工参数设定

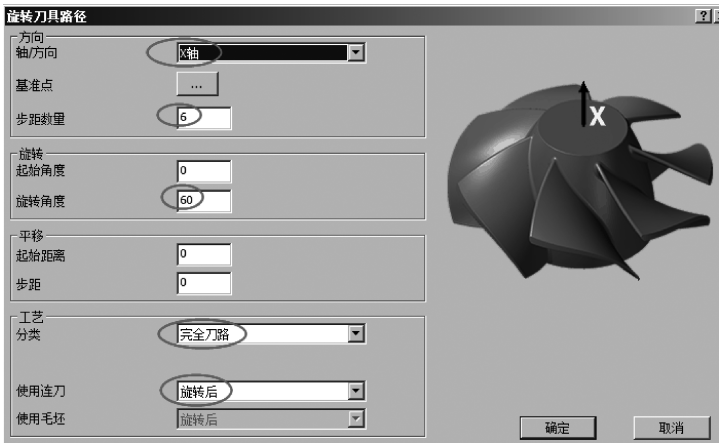


图 5-109　旋转刀具路径参数设定

以上 5 项正确设定后，单击航空铣控制面板上的【确定】按钮，单击设定机床参数图标，并把主轴转速设置为 20000，进给参数设置为 1800.0000，并在冷却参数后面选择

【冷却液流】，如图 5-110 所示。

单击保存并计算图标，结果如图 5-111 所示。

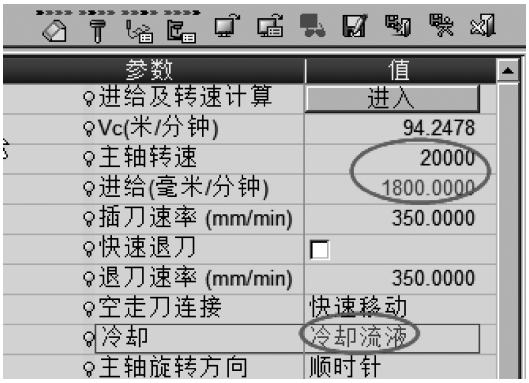


图 5-110　机床参数

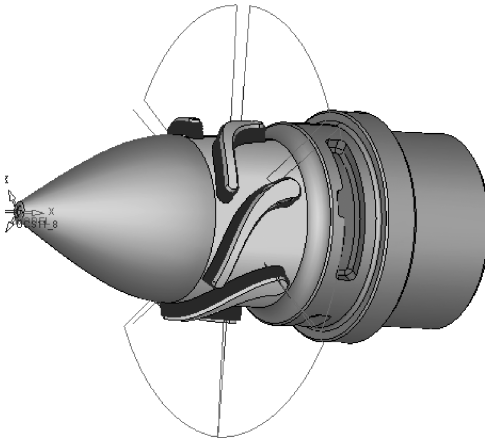


图 5-111　叶片精加工轨迹

5.4.13　创建叶片间曲面的精加工程序

单击 NC 向导条上的创建程序图标，在弹出窗口的主选择下面选择【五轴加工】加工策略，在子选择下面选择【航空铣】工艺，如图 5-112 所示。

图 5-112　选择航空铣工艺

单击刀具图标，在弹出的刀具和夹头窗口选择直径为 2 的球刀，因为上个程序是选择了这把刀具，默认是选择状态。

单击图中箭头指示的【进入】按钮，则会弹出“五轴航空铣控制面板”界面，下面介绍对模板各项参数的设置。

1. 曲面路径参数设置

按照图 5-113 所示的步骤进行参数选择或者输入，其中步骤 2 的操作方法是：单击箭头指示的按钮，再去选择图 5-114 所示的封闭轮廓，单击两次鼠标中键可以退出轮廓选择；步骤 3 选择如图 5-115 所示的封闭轮廓，操作方法同步骤 2；步骤 4 的操作方法：首先取消叶片面，再去选择图中箭头所示的一张曲面，如图 5-116 所示。

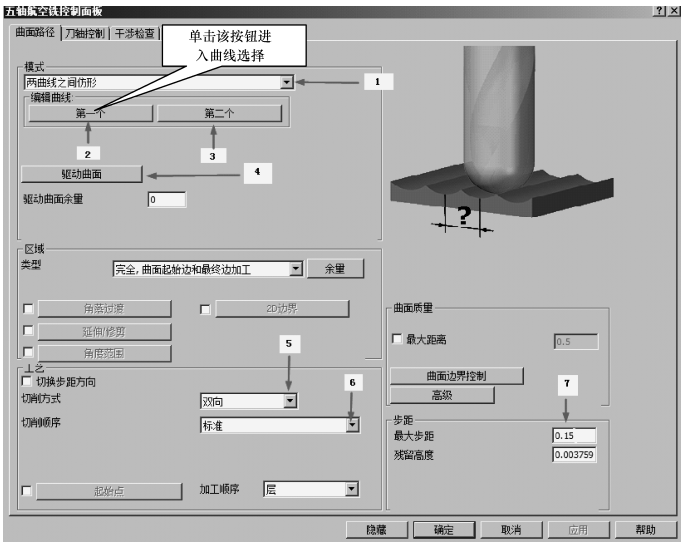


图 5-113　五轴航空铣控制面板

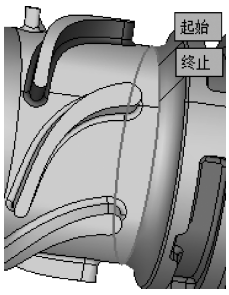


图 5-114　第一个曲线的选取

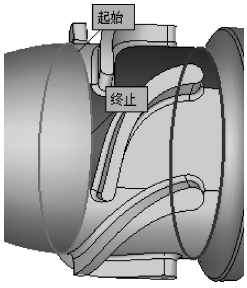


图 5-115　第二个曲线的选取

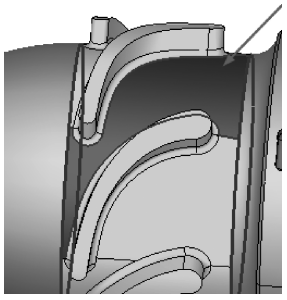


图 5-116　驱动曲面的选取

2. 刀轴控制

单击五轴航空铣控制面板上的【刀轴控制】选项，按照图 5-117 所示设定合适参数。

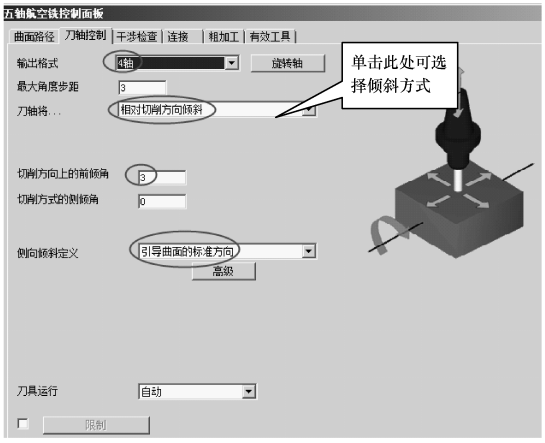


图 5-117　刀轴控制参数设定

3. 干涉检查

这个选项在这个程序不需要设置，不会产生干涉。

单击五轴航空铣控制面板上的【干涉检查】选项，进入【干涉检查】控制面板，取消上个程序设置的干涉检查，结果是【状况】参数下没有勾选项，如图 5-118 所示。

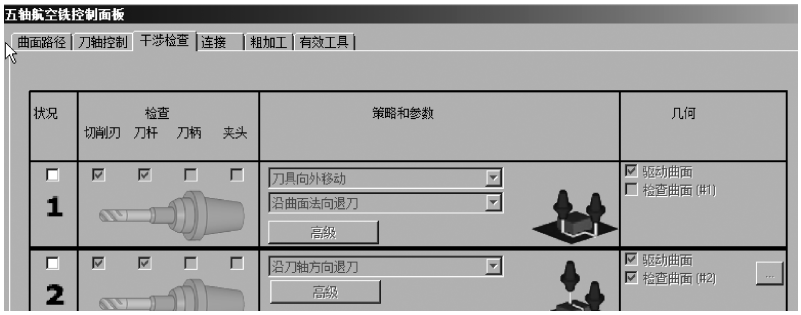


图 5-118　取消上次的干涉检查设定

4. 连接

单击五轴航空铣控制面板上的【连接】选项，按照如图 5-119 所示进行参数设置，【默认进退刀方式】参数的设置参照图 5-120 所示进行。

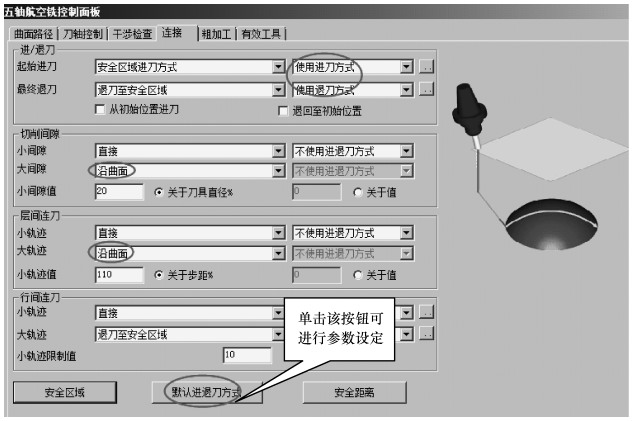


图 5-119　【连接】参数设置

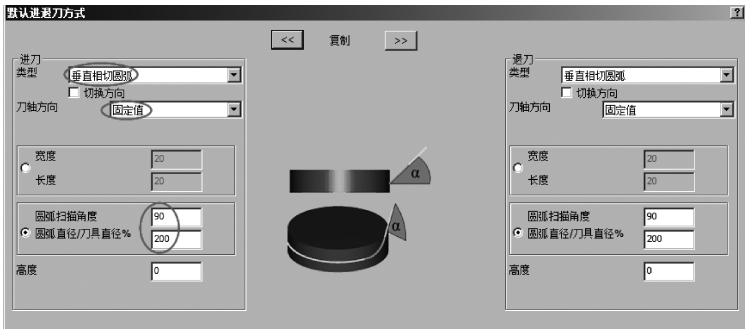


图 5-120　进退刀方式参数

5. 粗加工

和上面精加工程序一样是用来复制程序的，设定过程和各项参数一样，系统已经默认上次设定，不需要修改。

以上5项正确设定后，单击航空铣控制面板上的【确定】按钮，单击设定机床参数图标，把主轴转速设置为20000，进给设置为1800.0000，并在冷却参数后面选择【冷却液流】，如图5-121所示。单击保存并计算图标，结果如图5-122所示。

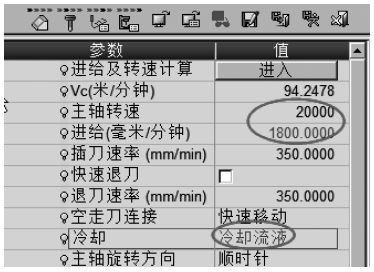


图5-121　机床参数

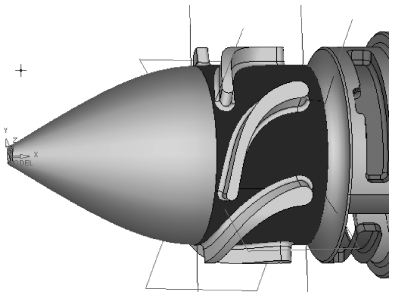


图5-122　叶片间曲面精加工轨迹

5.4.14　加工仿真

单击NC向导条上的图标，打开机床仿真设置窗口，如图5-123所示。按照图中标注的顺序进行操作，注意要勾选【材料去除】选项。在仿真窗口单击开始模拟图标，即可对所有程序进行仿真，模拟结果如图5-124所示，没有发现编程问题。

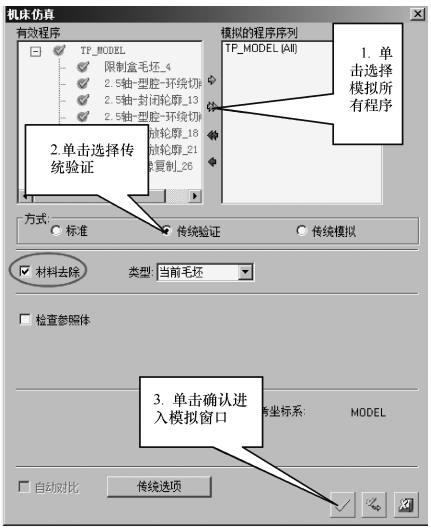


图5-123　机床仿真设定面板

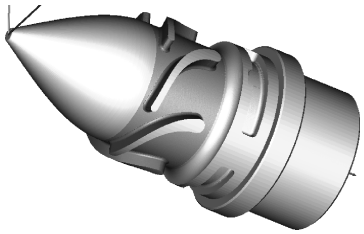


图5-124　模拟结果

5.4.15　生成机床代码—后处理

单击窗口左侧编程向导后处理图标，选择“4X_ fanuc”后处理，并选择最后编制

的程序为后处理程序，如图 5-125 所示。单击【确认】按钮进入图 5-126 所示的执行窗口，单击运行图标即可生成 4 轴程序 G 代码，如图 5-127 所示的是该程序的部分 4 轴代码，程序里的 A 角度就是第 4 轴输出的角度。

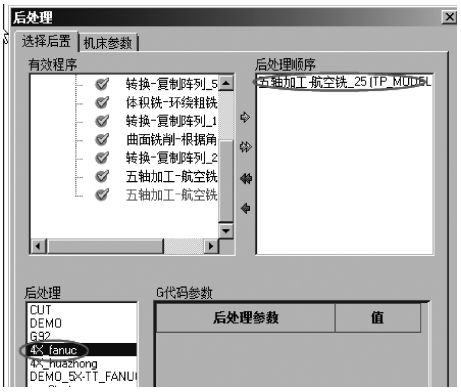


图 5-125　选择 4 轴后处理

图 5-126　GPP2 后处理执行窗口

```
%0010
G91 G28 Z0
G90 G54 G40 G80
G00 A9.449
X73.219 Y-3.501
Z54.888
S20000 M03
M08
Y-2.733 Z42.848
Z32.848
G01 Z22.848 F350.
Y
A9.972 F1800.
Y-1.161 A12.456
Y-1.163 Z21.419 A14.623
A16.626
Y-1.162 A18.626
Y-1.16 Z21.42 A21.102
------
M30
```

图 5-127　四轴代码

单击工具条中的【保存】按钮，在弹出窗口名称一栏输入：“4 轴编程综合练习”，单击窗口上【保存】按钮，完成对文档的保存操作。

至此练习完毕。

第6章 5轴加工策略介绍和实践

6.1 CimatronE 5 轴加工特点和应用领域

6.1.1 5 轴加工特点

CimatronE 5 轴加工解决方案为业内专家提供所需的丰富加工策略，创建刀路高效快捷而且在生成刀路轨迹时会自动避免刀具、零件以及夹具之间的干涉，生成的程序可以加工出表面光洁程度很高的复杂零件。

5 轴加工的特点是：

（1）提供完整解决的方案　支持从 2.5 轴到 5 轴联动加工策略，具有 CAD 和 CAM 高度集成的编程环境。

（2）丰富的 5 轴粗加工、精加工策略

1）5 轴粗加工包括：环切、行切、插铣等刀路路径，5 轴程序会自动考虑实际毛坯形状，减少空走刀。

2）5 轴精加工包括：行切、流线加工、笔式加工、两条轮廓或两曲面间的仿形加工。

3）5 轴倾角加工：用短刀加工深腔模具，自动避开刀具和零件以及夹具的碰撞。

4）5 轴轮廓铣：包括 5 轴刻字和 5 轴裁减边界。

5）5 轴钻孔：自动对不同的孔生成合适的加工工艺，工艺库丰富，5 轴钻孔可以识别毛坯，对尺寸大的孔可以先进行 2.5 轴铣削加工，然后再进行钻孔加工，可以自动生成各种类型孔的加工程序。

6）5 轴微铣削：用于微电子、医疗器械等微小零件加工，加工精度可以达到 0.0001mm，此项技术是 Cimatron 公司独有的。

（3）具有强大的干涉检查能力　CimatronE 数控 5 轴加工包提供超强而完善的内置碰撞干涉检测功能，可以实现刀具、刀柄和多台阶的夹头与零件、毛坯、夹具以及机床工作台的干涉碰撞检查，生成安全、光顺的刀具路径，其中包括：

1）用户可以根据毛坯和夹具来定义安全值。

2）自动裁减掉有问题的刀路轨迹。

3）控制刀具沿刀轴或任意方向退刀。

4）平滑和连续的刀轴方向变化，有效地避免干涉和碰撞。

（4）高级材料去除和机床仿真功能　可以对编制的程序进行机床加工仿真，通过仿真可以发现加工问题，比如发现刀具与工件、夹具和工作台是否有碰撞，刀具是否过切零件等。机床加工仿真也可以把仿真的结果和理论模型进行精确比对。

（5）支持各种刀具种类　5 轴编程除了支持常用的平刀、牛鼻子刀和球刀，还可以支持各种特殊类型的刀具，如锥角刀具、棒糖式刀具和槽铣刀等。

（6）编程环境内嵌强大的 CAD 工具　包括丰富而强大的曲面生成和编辑工具，使用户可以快速生成和编辑几何模型，并为实现优化刀路作准备，而不需要在 CAD 造型和 CAM 编程环境间进行数据转换。

（7）易学易用　具有直观的操作环境，提供的是向导式编程和可视化的帮助窗口，产品易学易用。

6.1.2　5 轴加工应用领域

CimatronE 数控 5 轴加工因为其强大的功能和极高的安全性在加工制造业应用得相当广泛，在全球制造业中尤其是欧美国家具有极高的占有率，下面介绍的是几个主要的应用领域。

1. 航空业的应用

如图 6-1 所示，5 轴加工可以加工整体叶轮、轮盘和叶片等，图 6-2 所示是用 5 轴加工的整体叶轮，图 6-3 所示是加工完毕的超薄叶片。

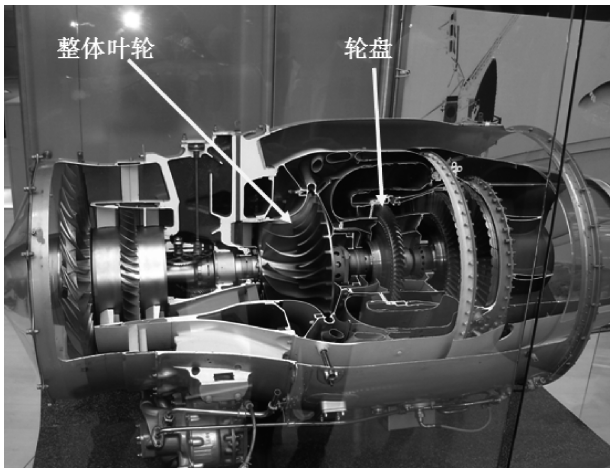


图 6-1　航空发动机使用 5 轴加工的典型部件

2. 汽车行业的应用

可以用于加工汽车发动机体和轮胎模具等复杂零件，如图 6-4 所示的是 5 轴加工的发动机机体，如图 6-5 所示的是 5 轴加工的汽车轮胎模具。

图 6-2　整体叶轮的 5 轴加工

图 6-3　超薄叶片的 5 轴加工

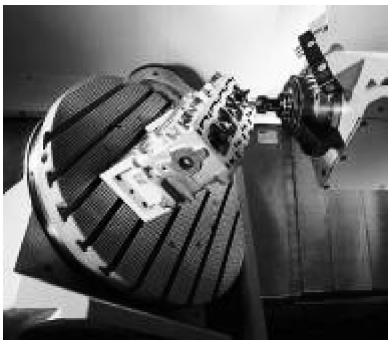


图 6-4　发动机机体的 5 轴加工

图 6-5　汽车轮胎模具的 5 轴加工

3. 造船业的应用

CimatronE　5 轴在造船业也得到了广泛应用，如图 6-6 所示为螺旋桨的 CimatronE 5 轴加工。

图 6-6　螺旋桨的 CimatronE 5 轴加工

4. 医药行业的应用

典型的是 5 轴加工牙齿，图 6-7 所示是使用 CimatronE 编制的加工牙齿的精加工程序，刀具采用锥形的直径为 1mm 的球刀。

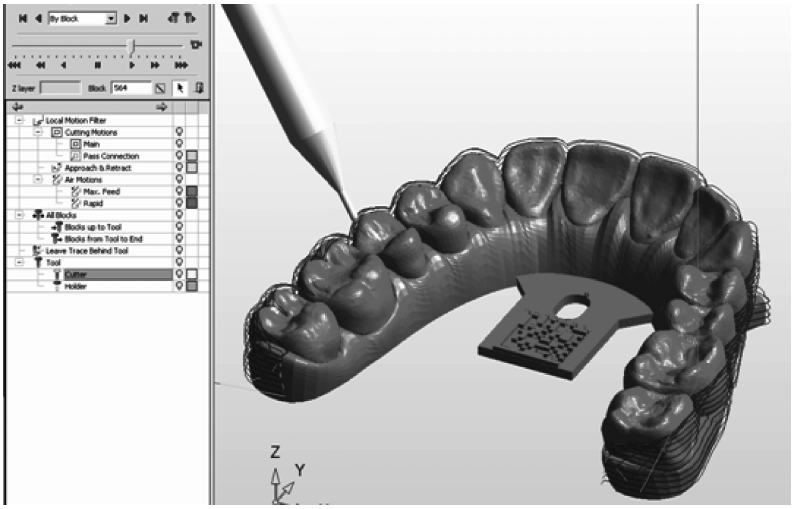


图 6-7　编制牙齿的程序轨迹

6.2　5 轴加工模块介绍

5 轴加工模块介绍见表 6-1。

表 6-1　5 轴加工模块介绍

序号	模 块 名 称	所含的加工策略	功 能 描 述
1	5 轴定位加工	具有 3 轴和 2.5 轴模块所有的加工策略	即 3 +2 轴铣削和钻孔加工，是在 3 轴加工的基础上增加的多轴加工模块。模块包括 3 轴铣削加工和材料切削模拟、高级机床仿真和 5 轴后处理，用于零件结构不太复杂的产品的加工
2	通用 5 轴加工	曲面铣削、清角、局部加工、轮廓铣、5 轴钻孔和 5 轴连接	用于 5 轴联动加工，同时兼容 3 轴、4 轴 4 联动、4 轴 3 联动、5 轴定位加工（3 +2 轴）。模块包括多轴铣削加工模拟、高级机床仿真、5 轴裁减加工和 5 轴后处理，用于模具和产品的加工
3	高端 5 轴产品加工	5 轴加工和 5 轴应用	在定位加工、通用 5 轴加工的基础上增加的功能，其包含的 5 轴加工和 5 轴应用策略提供多个加工工艺。此模块用于复杂零件的五轴联动加工，如弯管、航空叶片、整体叶轮、整体刀具等，适用于复杂产品加工行业
4	5 轴微铣削	对于 5 轴加工，除了以上轮廓铣和局部加工策略，其余策略均可使用 5 轴微铣削	5 轴微铣削是将微铣削的特点用于 4 轴或 5 轴的加工策略中，专门用于加工小而精度非常高的零件，加工精度高达 0.0001mm 以上，可在所有的加工策略中采用非常小的刀具加工非常精密的几何零件

5 轴加工的一些实用的工艺选项如图 6-8 所示，各个工艺选项的用途和实例见表 6-2。

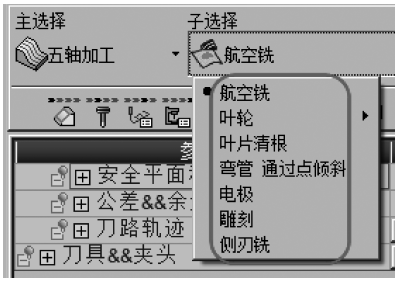
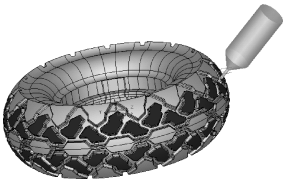
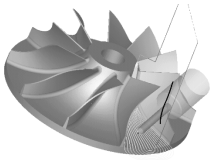
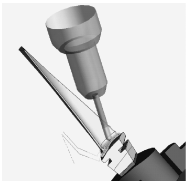
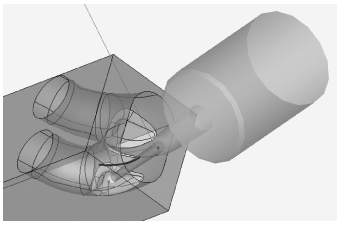
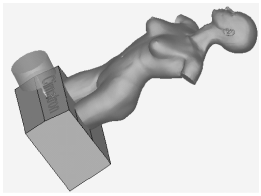
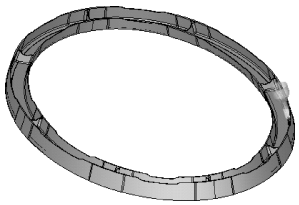


图 6-8　5 轴加工的工艺选项

表 6-2　5 轴加工的工艺选项用途和实例

序　　号	工 艺 选 项	用　　途	加工零件举例
1	航空铣	通用的 5 轴产品编程	
2	叶轮	对不带小叶片的叶轮粗、精加工	
3	叶片清根	对叶片根部的粗、精加工	
4	弯管-通过点倾斜	加工弯管零件	

（续）

序　　号	工 艺 选 项	用　　途	加工零件举例
5	雕刻	刻字、铣削等截面的槽等	
6	侧刃铣削	加工带有直纹面的零件	

从 E10 版本开始，5 轴加工策略有一个【5 轴应用】加工策略，其工艺选项主要有三个，如图 6-9 所示，主要用在侧刃铣削和复杂多叶片叶轮加工领域，在编程效率和轨迹优化方面比使用【5 轴加工】策略中的工艺选项有了很大的提高。

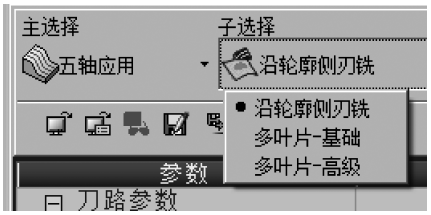


图 6-9　5 轴应用的工艺选项

6.3　航空铣的应用——弯管加工

本练习可以学到以下内容：

- 学习航空铣工艺在特殊零件上的应用
- 特殊刀具在特殊零件的应用（槽铣刀加工弯管面）
- 进一步学习集合在编程中的应用
- 利用辅助面生成光顺的刀路
- 螺旋铣的应用
- 通过曲线倾斜控制刀轴方向
- 刀杆和切削刃参与干涉检查的应用
- 夹头参与干涉检查的应用
- 从弯管中心退刀的应用

文档名称是“弯管.elt”，在光盘\练习文档\5轴编程练习文件夹下，建议做练习之前把光盘的内容都复制到电脑硬盘里进行备份。

用来练习的零件三维模型如图6-10所示，编程之前的毛坯如图6-11所示，外部没有加工余量，只是里面有加工量，截面非八边形，而是圆。

工艺安排：使用如图6-12所示的专用刀具加工内腔，因为从一头不能把弯管的内腔加工到位，本练习打算从弯管两头对内腔进行加工。

图6-10　弯管零件

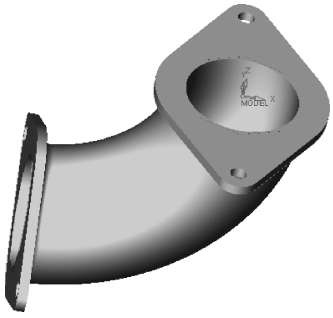


图6-11　弯管毛坯

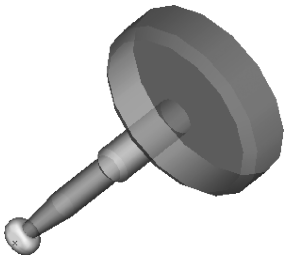


图6-12　槽铣刀（专用刀具）

在光盘：练习结果\5轴文件夹下有最终完成的编程文件，可供用户参考。

6.3.1　弯管上端的加工

1. 打开练习文件

双击桌面上的Cimatron E10图标，进入软件的初始界面。单击工具条上【打开文件】命令，浏览到“弯管.elt”文件，把文件打开，如图6-13所示。

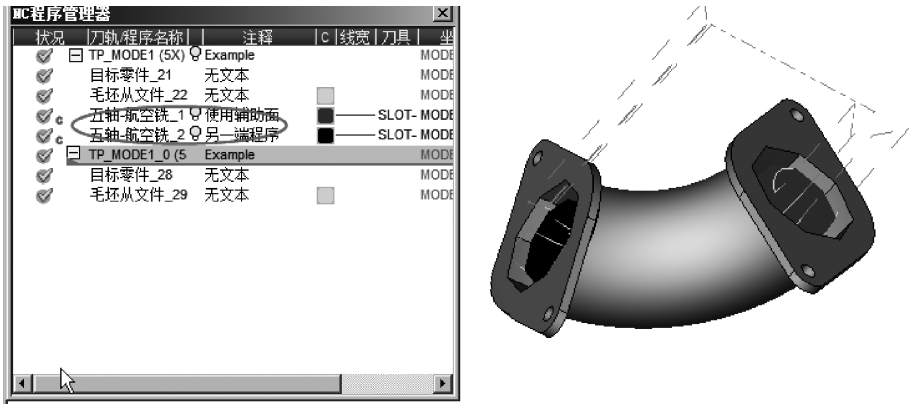


图6-13　显示的练习文档

可以发现程序管理器上有两个 TP，上面的 TP 已经生成了两端的程序，下面的 TP 只是设计了零件和毛坯，至于程序需要读者按照上面的 TP 进行练习。

2. 选择加工策略和工艺

单击程序管理器最下面一行，目的是在其下面创建程序。在编程向导中选择【程序】按钮，在弹出的界面中选择【5 轴加工】和【航空铣】选项，如图 6-14 所示。

图 6-14　选择加工工艺

3. 选择刀具

单击刀具图标，选择管理器上存在的唯一一把专用刀具，单击【确定】退出选择。因为管理器上只是一把刀具，此步可以跳过。

4. 输入加工参数

单击刀路参数图标，单击【进入】按钮，进入到【5 轴航空铣控制面板】中。

（1）曲面路径参数设定　模式一项选择【沿曲线切削】，引导曲线选择零件上的蓝色线条，注意选择线条时箭头方向从端口向下，如图 6-15 所示。

驱动曲面是根据集合规则选取的，选取的集合名称是“驱动面”，如图 6-16 所示。

注意这个练习有点特殊，就是驱动曲面不是刀具最终要加工的面，只是通过它产生光滑的刀具路径。如果直接选择弯管里面作为驱动曲面，因为有棱边，刀路轨迹不太光顺。后面会介绍通过干涉检查设置让刀具退出驱动曲面去加工应该加工的弯管里面。

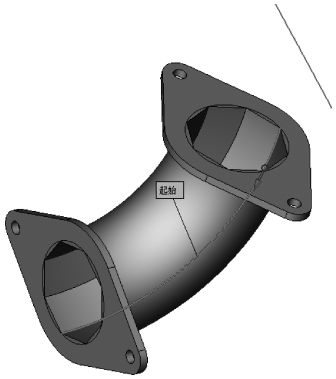


图 6-15　引导曲线选择

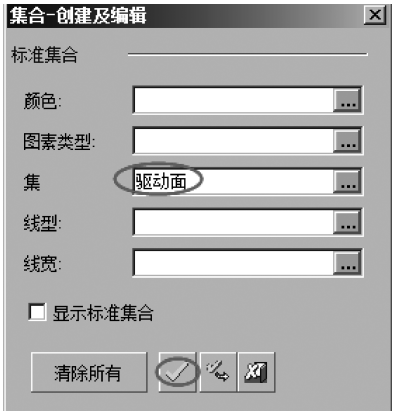


图 6-16　通过几何选择驱动曲面

【提示】：本弯管零件的曲面分三部分，通过集合外表面、里面和驱动曲面进行了分类，如图 6-17 所示，其中驱动曲面在里面和外表面之间。可以通过集合对这些面进行隐藏和显示。

做这个练习之前应把这三个集合搞清楚，便于后面的编程，实际上里面是真正要加工的面。

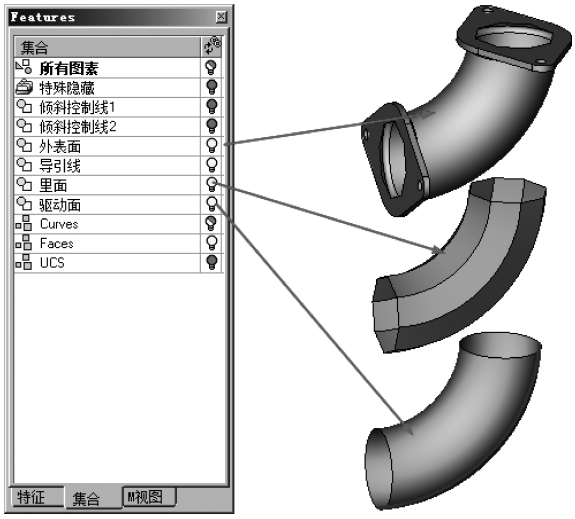


图 6-17　零件曲面的组成

其他参数按照图 6-18 所示进行设定。

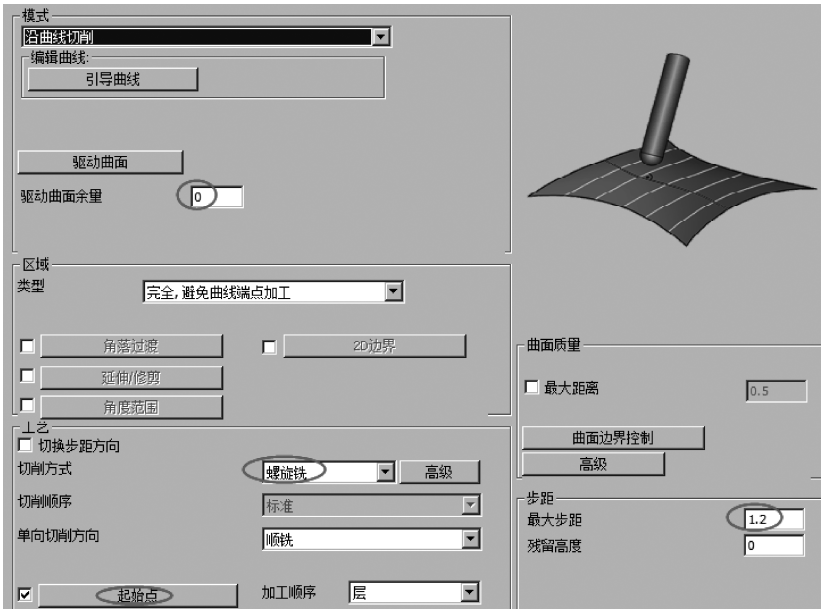


图 6-18　曲面路径参数

其中起始点的选择方法是：单击图 6-18 中的【起始点】按钮，选择如图 6-19 所示的引导曲线的上端点，选择完毕后图中将会显示改点的坐标值，后面可以发现刀具会在此处进刀。

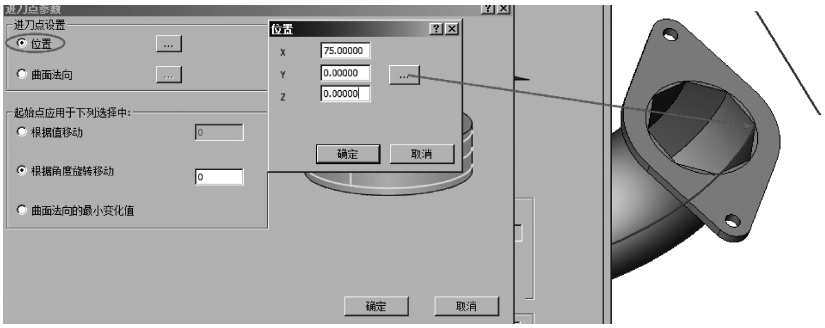


图 6-19　起始点的选择

（2）刀轴控制参数设定　切换到刀轴控制参数面板，按照图 6-20 所示设置各项参数，【倾斜曲线】选择端面上面的直线，如图 6-21 所示。注意选择直线时箭头从上指向下方，可以通过高级“串接”选择。

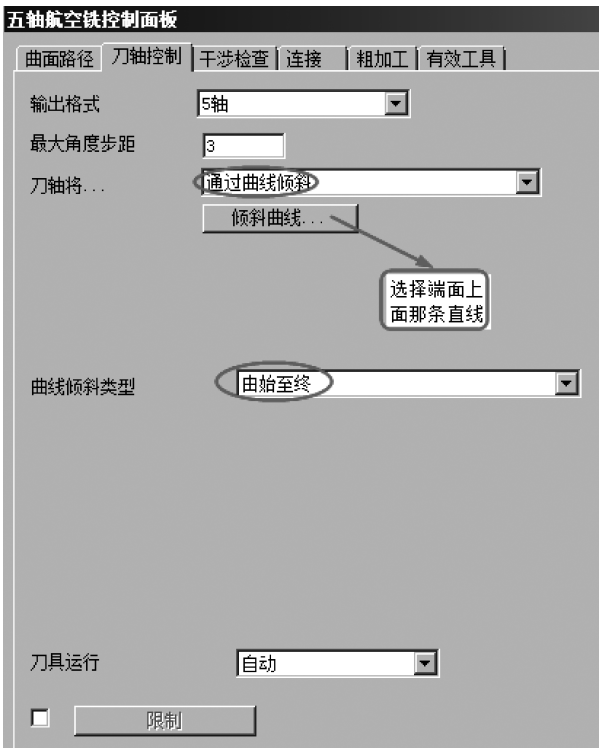


图 6-20　刀轴控制参数

（3）干涉检查参数设定　切换到干涉检查参数面板，按照图 6-22 所示进行如下操作：

1）勾选第一项，选择夹头为检查对象，在【策略和参数】一项中选择【停止刀路计算】，【检查曲面】选项中选择弯管端口的端面，并留出毛坯余量0.15，如果此项干涉不设置，刀柄就会进入到零件里。

2）勾选第二项，选择切削刃和刀杆为检查对象，【策略和参数】一项选择【刀具向外移动】，下面选项切换到【退刀至切削中心】，检查曲面选择零件的里面，和选择驱动曲面一样，通过集合规则选择“里面”这个集合作为此项的检查曲面。

这个检查项的设置，将让刀具从驱动曲面向弯管中心退让，以便加工里面，如果这项不设置，将会过切弯管里面。

图6-21　倾斜线的选择

（4）连接参数设定　切换到连接参数，各项参数参考图6-23所示进行设定。

图6-22　干涉检查参数

图6-23　连接参数

单击图 6-22 中【默认进退刀方式】按钮，进退刀参数参考图 6-24 所示进行设定。

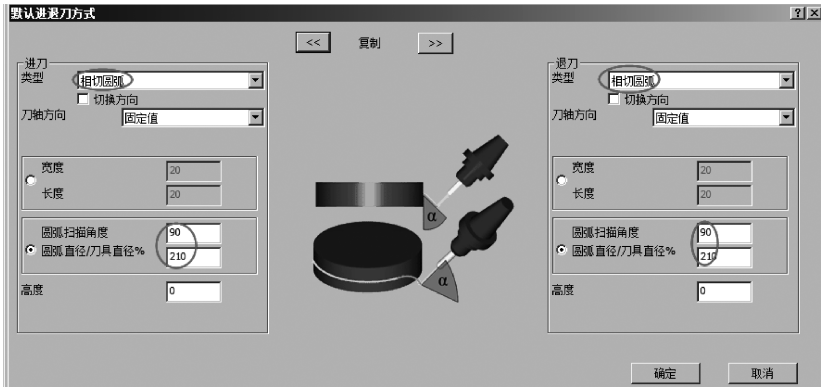


图 6-24　进退刀参数设定

完成上面参数的设定后，单击【确定】按钮。

5. 输入机床参数

单击机床参数图标，转速和进给参数参照图 6-25 所示进行输入。

完成上面的参数设置后，在空白处单击鼠标右键选择【保存并前台计算】命令，完成程序的计算，结果如图 6-26 所示。

图 6-25　机床参数

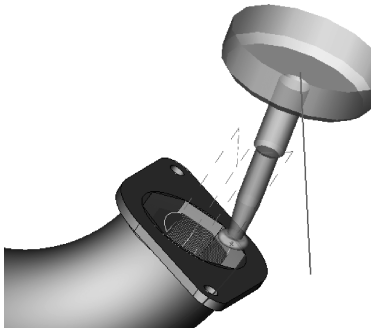


图 6-26　加工里腔的刀路轨迹

6.3.2　弯管另一端的加工

另一端的做法步骤同上，注意控制刀轴的倾斜线、加工的起始点和检查面有所改变，轨迹计算的结果如图 6-27 左侧所示。

显示两个程序，并把零件变成透明显示，可以发现两个程序轨迹有重叠部分，如图 6-28所示，这样会把里腔加工得更彻底。

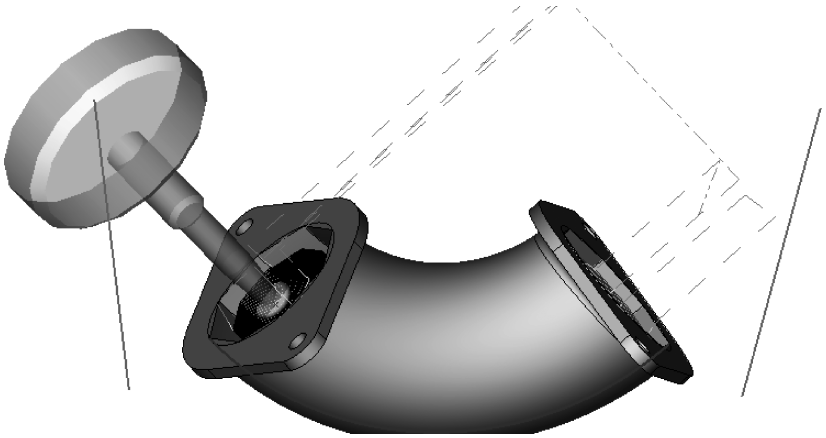


图 6-27　另一端的加工程序

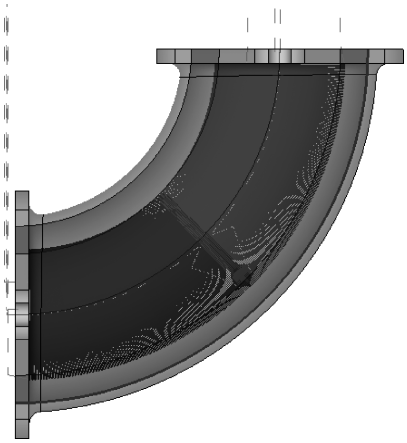


图 6-28　两个程序轨迹有交叠

6.3.3　模拟两个程序

单击向导条上机床仿真图标 ，在弹出的“机床仿真”窗口选择上面编制的两个程序进行模拟，如图 6-29 所示。

单击图 6-29 中【确定】按钮进入到标准模拟环境，单击运行按钮 ，即可对两个程序进行实际的切削仿真。因为程序量大，模拟需要一段时间，要耐心等待，最后的模拟结果如图 6-30 所示。

6.3.4　后处理

单击向导条上后处理图标 ，选择第一个程序进行后处理，如图 6-31 所示，读者根据自己已有的 5 轴后处理选择一项，单击【确认】进入后处理窗口。

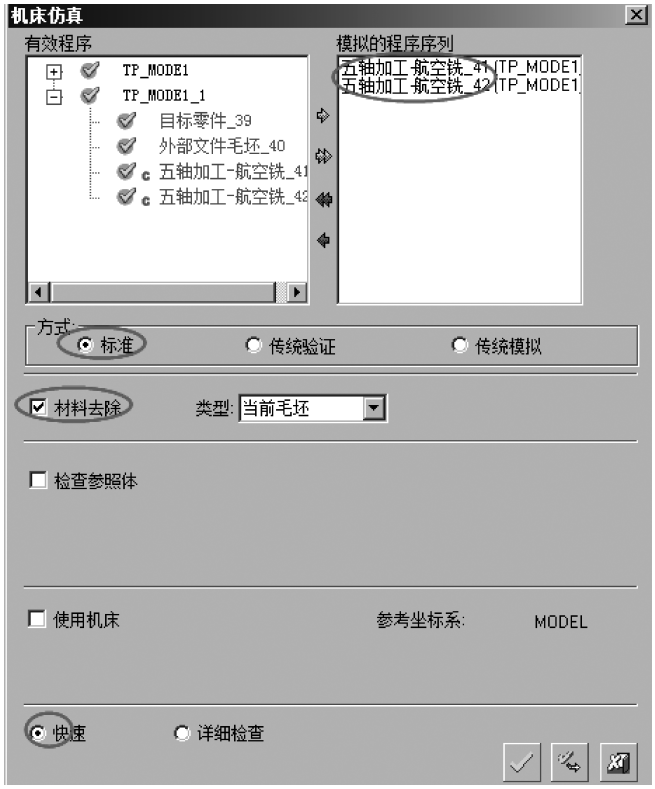


图 6-29 “机床仿真”窗口

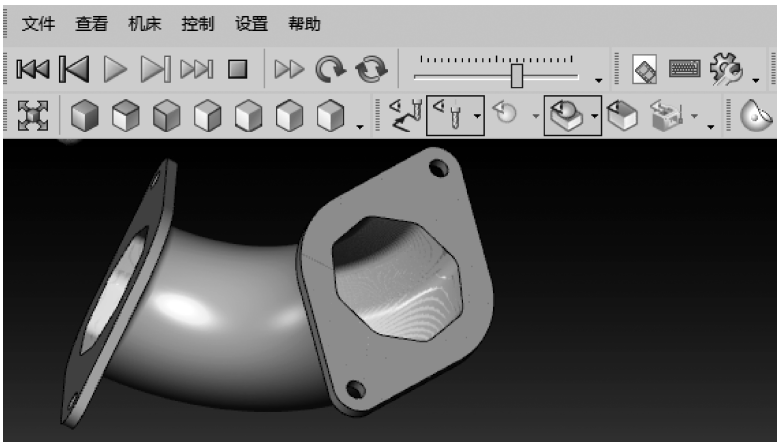


图 6-30 模拟结果

单击运行 即可生成 5 轴联动加工的代码，图 6-32 所示是这个程序的部分代码。注意使用不同的 5 轴后处理代码是不同的，5 轴机床的后处理需要专业工程师根据机床结构和数控系统进行调试。

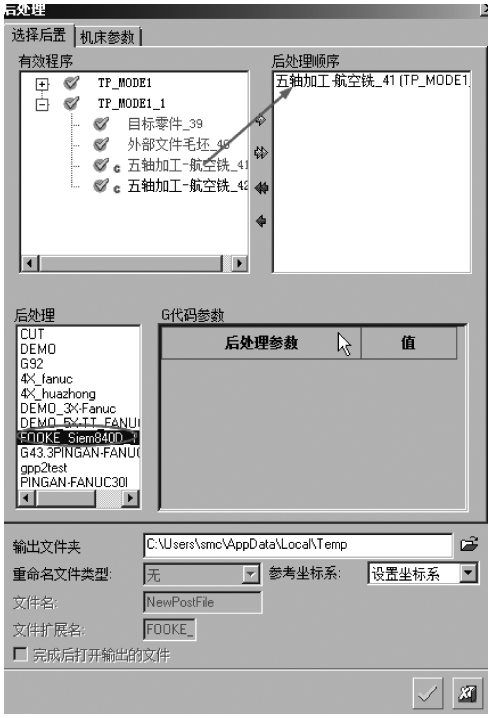


图 6-31　后处理的选择

```
ceshi2.nc - 记事本
文件(F)  编辑(E)  格式(O)  查看(V)  帮助(H)
%
O8831 (HUNHE)
G49M5S0
G17G40G54G64G80G90
G21
G91G28Z0
M06 T1
(SLOT-MILL 40_0 D= 40. R= 6.)
(五轴加工-航空铣 #13, 使用辅助面)
G43.4 H1
G01 X0.075 Y54.667 Z-8.777 F350.
X0.549 Y54.576 Z-8.907
X1.034 Y54.46 Z-8.937
X8.314 Y51.625 Z-9.004 C173.335 A-12.308
X15.594 Y48.791 Z-9.07 C166.409 A-12.393
X21.236 Y46.549 Z-9.123 C159.557 A-12.303
X26.877 Y44.307 Z-9.176 C152.7 A-12.384
X31.233 Y42.528 Z-9.217 C146.795 A-12.316
X35.59 Y40.75 Z-9.257 C140.887 A-12.375
X37.26 Y40.058 Z-9.272 C138.597 A-12.374
X38.621 Y37.151 Z-9.285 C136.306 A-12.372
X39.831 Y34.412 Z-9.296 C134.014 A-12.37
X40.929 Y31.925 Z-9.307 C131.721 A-12.368
```

图 6-32　第一个程序的部分 G 代码

最后请保存 NC 文件，至此练习完毕。

6.4　5 轴定位和联动综合练习—复杂叶轮加工

本练习可以学到以下知识：

- 锥型刀具的应用
- 5 轴定位加工坐标系的合理创建
- 5 轴定位粗加工的应用
- 进一步学习程序的复制
- 多叶片高级-流道精加工的应用（专用模块）
- 多叶片高级-叶片精加工的应用（专用模块）
- 选择驱动曲面的高级方法：使用规则选取
- 高级编程：集合的应用
- 机床仿真：如何检查干涉

6.4.1　加工说明和工艺安排

加工的零件三维外形如图 6-33 所示，有三个叶片加上了颜色（分别是绿、粉和紫色)[⊖]，是

⊖　在电脑中打开三维模型时即可看到。

为了通过光泽选择驱动曲面更方便，毛坯如图 6-34 所示，其最大外圆直径为 206、总高度为 115。

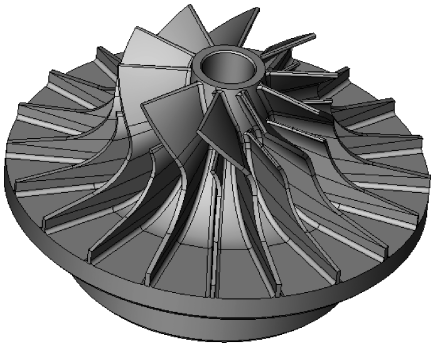


图 6-33　叶轮三维图

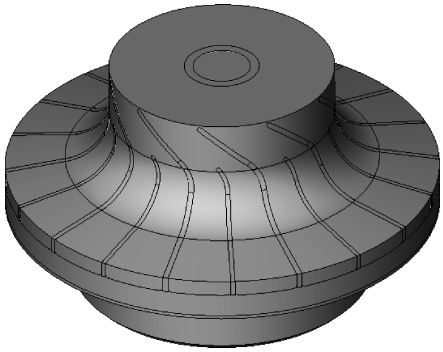


图 6-34　叶轮的毛坯外形

叶轮加工的具体工艺安排见表 6-3。

表 6-3　叶轮加工的具体工艺安排

序号	程序名称	刀具名称	直径/mm	刀尖圆角	刀具类型	转速/(r/min)	进给/(mm/min)
1	叶片槽粗加工	BULL6R0.5	6	0.5	牛鼻子刀	8000	3000
2	大叶片半精加工	BALL4-1	4	2	球刀	12000	2000
3	小叶片半精加工	BALL4-1	4	2	球刀	12000	2000
4	流道半精加工	BALL4_2	4	2	球刀	12000	2000
5	大叶片精加工	BALL4-1	4	2	球刀	12000	1500
6	小叶片精加工	BALL4-1	4	2	球刀	12000	1500
7	流道精加工	BALL4-2	4	2	球刀	12000	1500

文档位置在光盘\练习文档\5 轴编程练习，最终完成的编程文件在光盘\练习结果\5 轴文件夹下，可供用户练习参考，下面详细介绍练习的过程。

6.4.2　进入编程环境

双击桌面 Cimatron E10 图标，进入如图 6-35 所示的初始界面。

单击上述界面中的新建图标🗋，并按照图 6-36 所标记的箭头顺序进行单击，进入软件

图 6-35　Cimatron E10 初始界面

的编程界面，如图 6-37 所示。

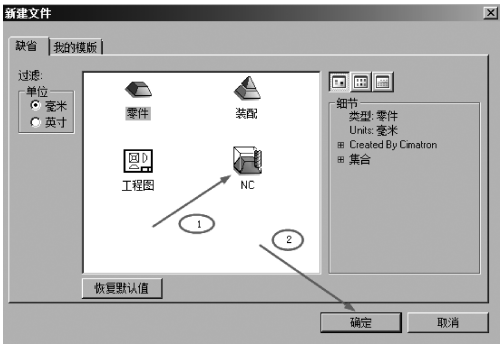


图 6-36　选择编程环境

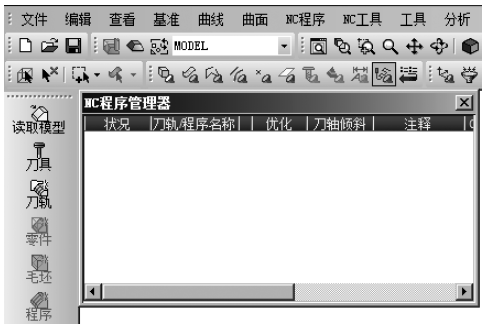


图 6-37　编程界面

6.4.3　加载编程模型

单击窗口左侧向导条上的【读取模型】图标 ，浏览到叶轮文档后，单击文件名称，再单击【选择】按钮，参考图 6-38 所示的操作顺序。

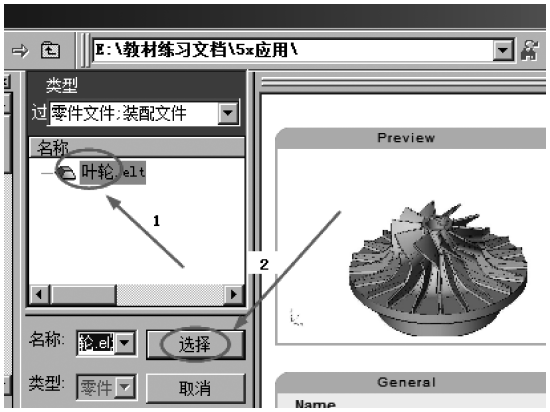


图 6-38　选择加工模型

在出现的坐标系选择界面里默认出现的编程坐标系选项，并单击【确认】按钮，如图6-39所示，完成模型的加载。

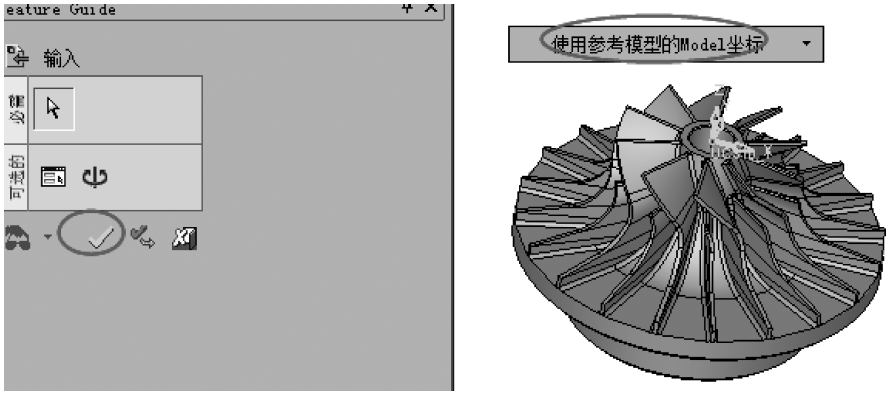


图6-39　确认模型加载

6.4.4　定义刀具

1. 牛鼻子刀具创建

刀具类型和具体数据见图6-40，注意各项数据不要输错。因为刀具数据不同，生成的刀路轨迹不同。

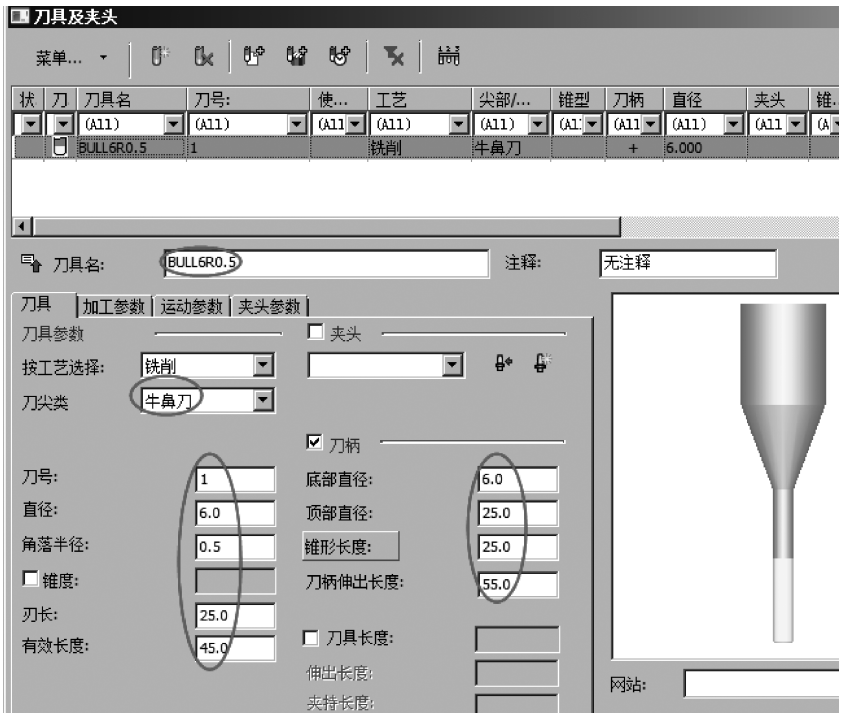


图6-40　牛鼻子刀具的创建

2. 锥柄球刀创建

刀具类型和具体数据如图 6-41 所示。

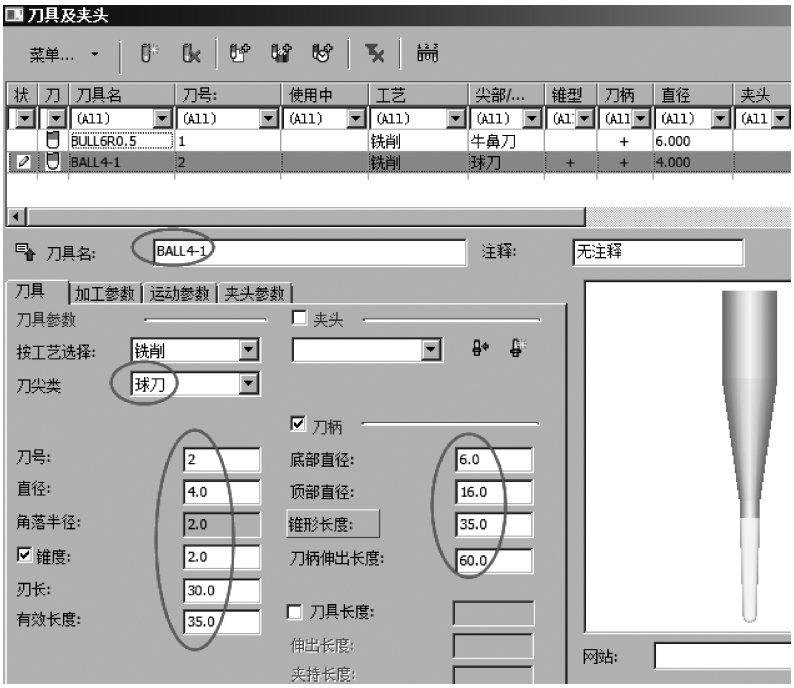


图 6-41　锥柄球刀的创建

3. 直柄球刀创建

刀具类型和具体数据如图 6-42 所示。

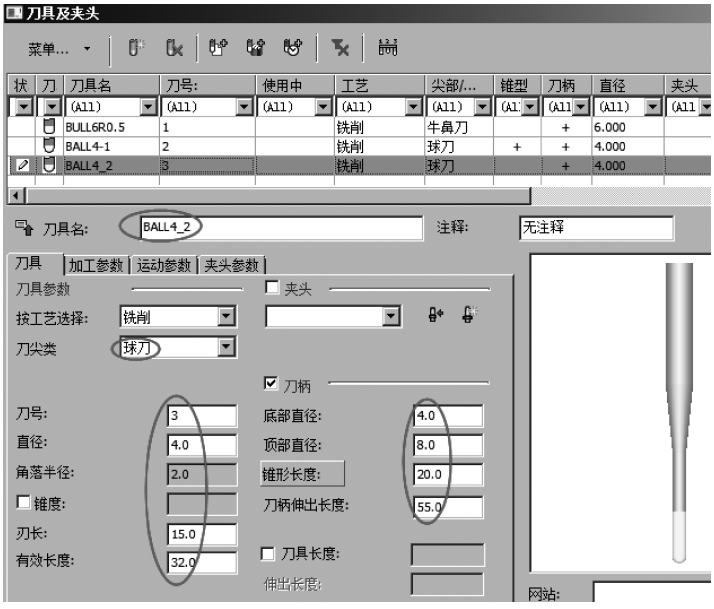


图 6-42　直柄球刀创建

这里之所以创建同一规格的直柄和锥柄球刀，是因为锥柄刀具在5轴加工中应用得也很普遍。

创建的结果是刀具库里只有三把刀具，刀号分别是1、2和3。如果有多余的刀具，可以通过删除按钮进行删除。

【提示】：对于使用5轴五加工复杂的零件，在创建刀具时应该按照实际的刀具尺寸创建刀柄和夹头，这样可以进行有效的机床仿真。

6.4.5 创建5轴刀轨

单击窗口左侧向导条上的【刀轨】图标，在弹出的窗口里刀轨类型选择5轴，注释输入【5X应用编程练习】，单击【确认】按钮，操作可按照图6-43所示进行。

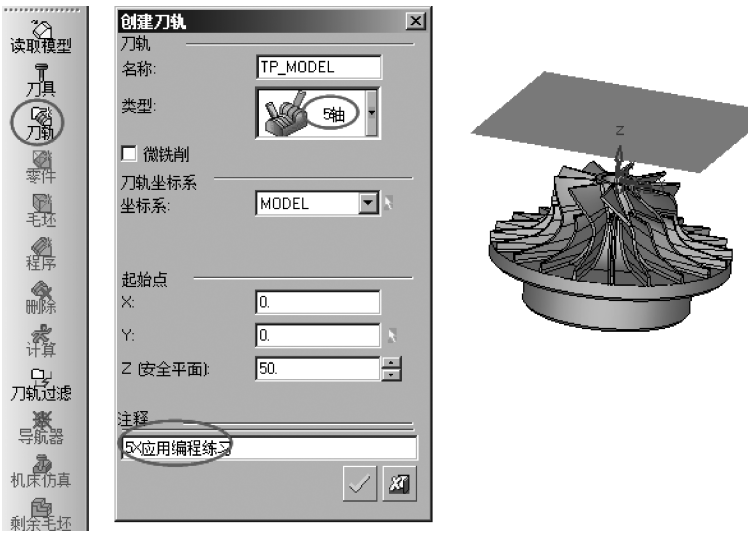


图6-43 创建5轴刀轨

6.4.6 创建目标零件和毛坯

创建零件和毛坯的目的是为了加工模拟用，单击编程向导条上的零件图标，在出现的界面选择【确认】按钮，即可完成零件的创建，在创建零件时系统总是把显示的曲面都选中作为加工的目标零件。

单击编程向导条上的【毛坯】图标，在弹出的“初始毛坯”窗口中【毛坯类型】一项选择【曲面】，如图6-44所示，寓意是以选择的曲面创建毛坯，在窗口的空白处单击右键并选择【根据规则选取曲面】命令，则会弹出图6-45所示的集合窗口，按照图选择stock，并单击【确认】，返回到初始创建毛坯窗口，再单击【确认】完成回转毛坯的创建，此时窗口应该有零件和毛坯项目出现，如图6-46所示。

图 6-44　曲面创建毛坯

图 6-45　选择 stock 集合曲面

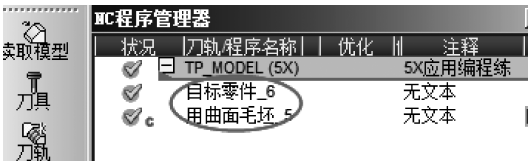


图 6-46　NC 程序管理器

6.4.7　创建叶片间粗加工程序

（1）创建坐标系　采用 5 轴定位粗加工叶轮，首先要设计一个合适的坐标系，这个坐标系的 Z 轴就是定位加工的刀轴方向。

转动零件到如图 6-47 所示的位置，参照图中箭头指示的颜色面来定位，转到的位置应该能看到：绿色大叶片的右侧面、紫色大叶片的左侧面、

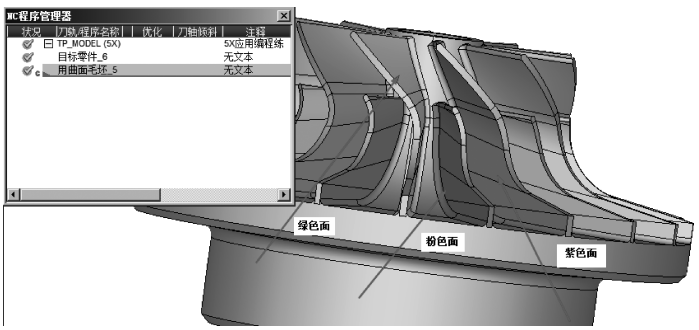


图 6-47　定位零件到这个方向

中间小叶片的左侧面以及绿色大叶片和粉色小叶片之间的流道面，这样可保证刀具尽可能地把看到的部位毛坯去除掉。

从主菜单选择【基准】→【坐标系】→【垂直于平面】选项，如图 6-48 所示。

图 6-48　选择创建坐标系命令

在显示的窗口里把创建坐标系参数切换到【使用显示平面】选项，并拾取电脑界面中显示的绿色圆角面上的一个端点为原点创建坐标系，如图 6-49 所示，单击【确认】退出坐标系的创建。

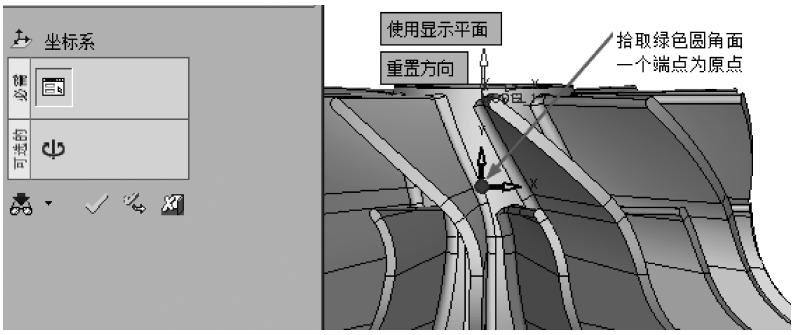


图 6-49　创建定位加工坐标系

（2）通过草图创建加工轮廓　首先激活上面刚创建的坐标系，可以通过图 6-50 所示，选择坐标系并进行激活。激活的坐标系是红色的，非激活坐标系是蓝色。

在主菜单中选择【曲线】→【草图命令】，单击鼠标中键即可进入到草图环境。草图平面是激活坐标系的 XY 平面，按照图 6-51 所示绘出封闭的草图，草图时使用了【添加几何】命令把叶片上的边添加到了当前草图里。

图 6-50　选择坐标系进行激活

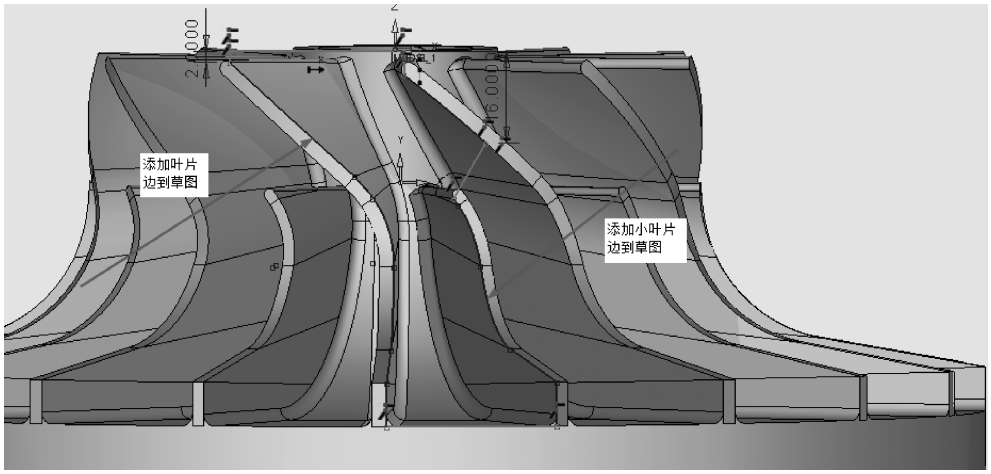


图 6-51　为加工轮廓绘制草图

最终完成的是如图6-52箭头所示的封闭轮廓。

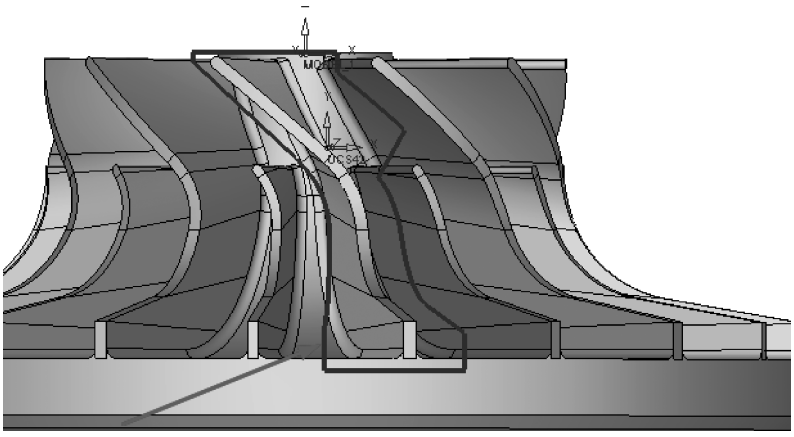


图6-52　完成的草图

至此完成了使用5轴定位加工叶轮所需要的坐标系和轮廓，下面介绍粗加工的编制过程。

【提示】：读者可以把光盘里完成的编程文档打开，查看坐标系和轮廓的创建。

（3）粗加工程序设计　确信上面创建的坐标系处于激活状态，单击NC向导条上的【程序】图标，会弹出图6-53所示的程序窗口，确认主选择是【体积铣】，子选择选择【环绕粗铣】工艺。

图6-53　选择加工工艺

单击窗口上的【轮廓（可选）】参数右侧的按钮，则会弹出“轮廓管理器”窗口，切换【刀具位置】在【轮廓上】，并选择上面创建的草图后，单击中键确认，如图6-54所示，再单击中键或者单击管理器上的【确认】按钮退出轮廓管理器窗口。

单击【零件曲面】参数右侧的按钮，再框选叶轮上的所有曲面，单击中键退出，此时界面应该是图6-55所示的结果：轮廓选择了1个，曲面选择了733张。

单击图6-55中的刀具图标，在弹出的“刀具及夹头”窗口单击直径为6的牛鼻子刀具，再单击管理器上的【确认】按钮。

单击刀路参数图标，各个参数设定参照图6-56和6-57所示，其余参数默认。

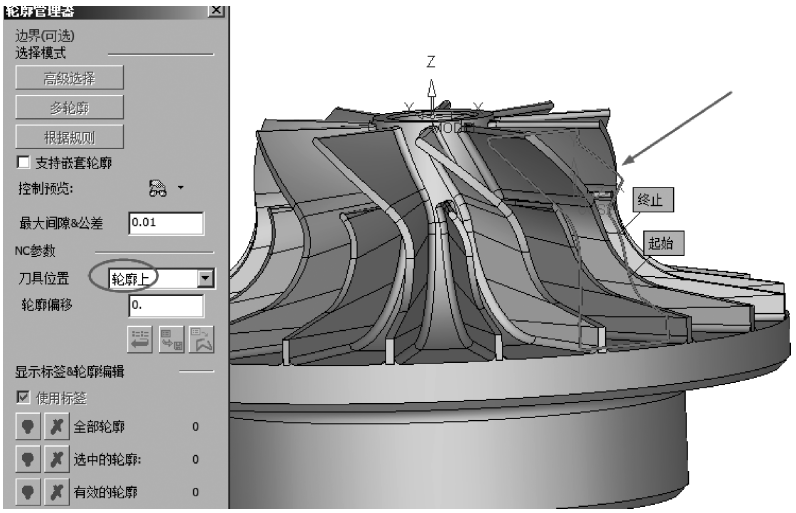


图 6-54　轮廓选择

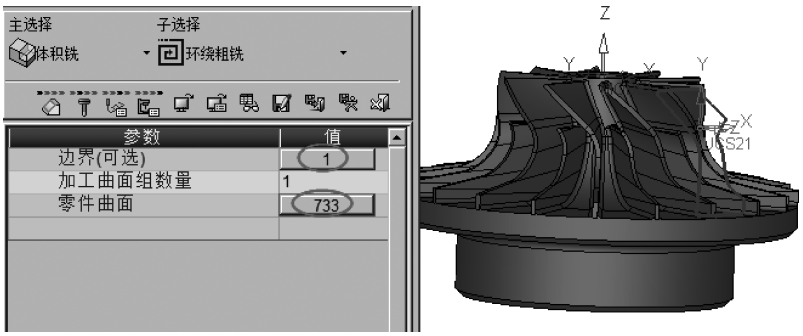


图 6-55　选择的结果

图 6-56　部分刀路参数

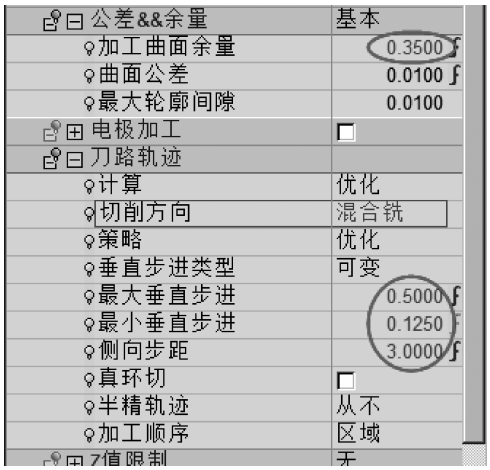


图 6-57　部分刀路参数

以上参数设定完毕后，单击程序管理器上的设定机床参数图标，主轴转速设置为8000，进给设置为3000，其余参数默认系统设置。

单击保存并计算图标，刀路轨迹的计算结果如图6-58所示，图中已经隐藏了加工轮廓。

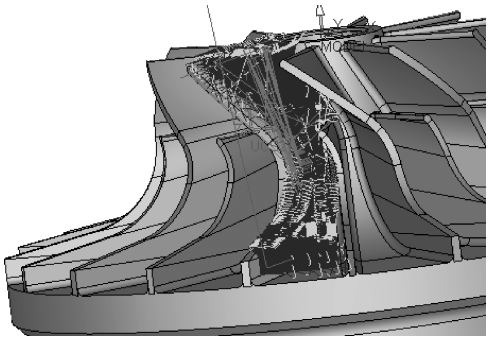


图6-58　粗加工轨迹

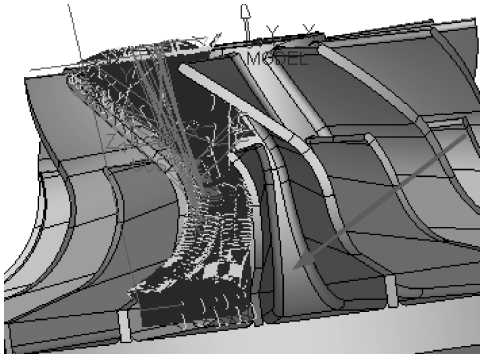


图6-59　箭头区域需要粗加工

因为上面的粗加工不能去掉两个大叶片间的所有毛坯，还需要和上面的过程一样做出图6-59所示箭头部位的粗加工。

请用户按照上面的方法创建图6-60箭头所示的坐标系和轮廓。创建原则上通过使用这个坐标系和轮廓创建的粗加工程序，把相邻两个大叶片之间的毛坯尽最大可能地全部去掉，为后续半精加工留出均匀的余量。

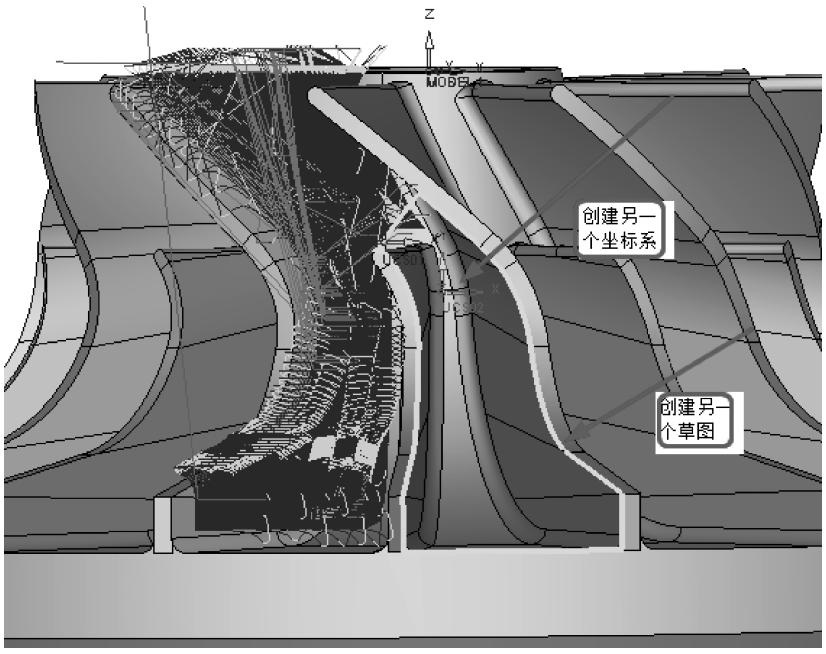


图6-60　创建另一处坐标系和草图结果

使用上面创建的坐标系和轮廓创建另一个部位的粗加工程序，这个粗加工程序的加工参数和上面的粗加工程序参数一样，结果如图 6-61 所示。

（4）复制生成其他 9 个槽的程序　激活主坐标系 model，在编程向导选择程序图标，主选择选择【转换】，子选择选择【复制阵列】，如图 6-62 所示。

单击【程序】参数右侧的按钮选择上面设计的两个粗加工程序作为复制对象，如图 6-63 所示，单击【确认】按钮。

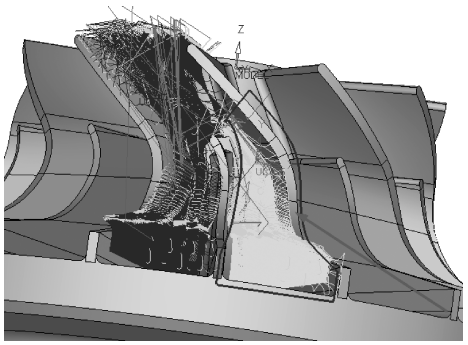


图 6-61　另一处粗加工轨迹

图 6-62　复制程序

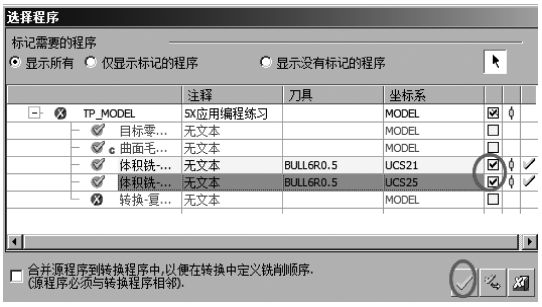


图 6-63　选择复制对象

把图 6-62 中【用几何进行转换】右侧选项切换成【仅放射】参数，再单击【当前点】右侧的按钮去选择 MODEL 的原点作为程序复制的旋转点。

单击刀路参数按钮，并设定如图 6-64 所示的参数。

单击计算并保存按钮，结果如图 6-65 所示。

图 6-64　刀路参数

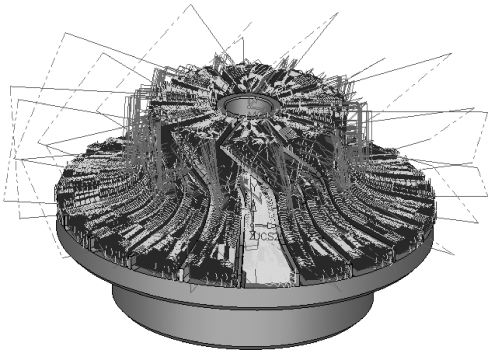


图 6-65　叶片槽的粗加工轨迹

至此所有槽的粗加工程序设计完毕，如图6-66所示是加工模拟的结果，可以看出窄槽处由于刀具直径的原因剩余毛坯有点大，可以通过半精加工来清掉剩余毛坯。

【提示】：对于尺寸比较大的叶轮开粗，通常采用5轴定位的方法，这样能提高加工效率，节约加工时间，尤其是对机床主轴刚性不高的机床采用定位开粗可以提高加工的稳定性。

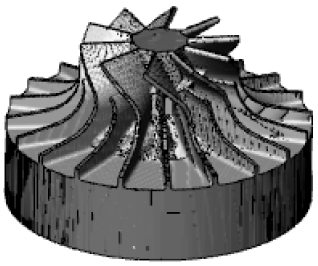


图6-66　粗加工模拟结果

6.4.8　创建大叶片半精加工程序

为了使界面清晰，隐藏所有粗加工轨迹、草图、基准面和坐标系，隐藏坐标系之前确信model坐标系处于激活状态。

单击编程向导条上的程序命令图标，在出现的窗口中选择【5X应用】和【多叶片-高级】选项，如图6-67所示，并从刀具库里选择刀具：BALL4-1；单击刀路轨迹图标，则会切换到图6-68所示的窗口。

图6-67　选择加工工艺

图6-68　刀路轨迹参数窗口

单击窗口上的【进入】按钮，即可进入到【多叶片控制面板】，下面对各项参数进行设定。

1. 曲面路径参数

按照如图6-69所示进行各项选择或者输入参数。

2. 零件定义参数

按照图6-70所示进行各项选择或者输入参数，其中加工对象的选取是：

（1）叶片、辅叶片、叶根面的选择　单击它右侧曲面选择按钮（见图6-70），然后单击右键并选择【根据规则选取曲面】选项，如图6-71所示，在出现的窗口选择【绿色】，选择的步骤参照图6-72所示进行，选择好后单击中键退出面的选择。

（2）流道面的选择　单击它右侧曲面，选择按钮，然后选择和绿色大叶片相邻的5张流道面，如图6-73箭头所示。

（3）叶冠面的选择　单击它右侧曲面选择按钮，然后选择绿色大叶片上面的5张面。

（4）检查曲面的选择　选择它可以避免干涉。勾选图6-70中【检查曲面】选项，然后单击它右侧的曲面选择按钮，选择如图6-74箭头所示的两张曲面。

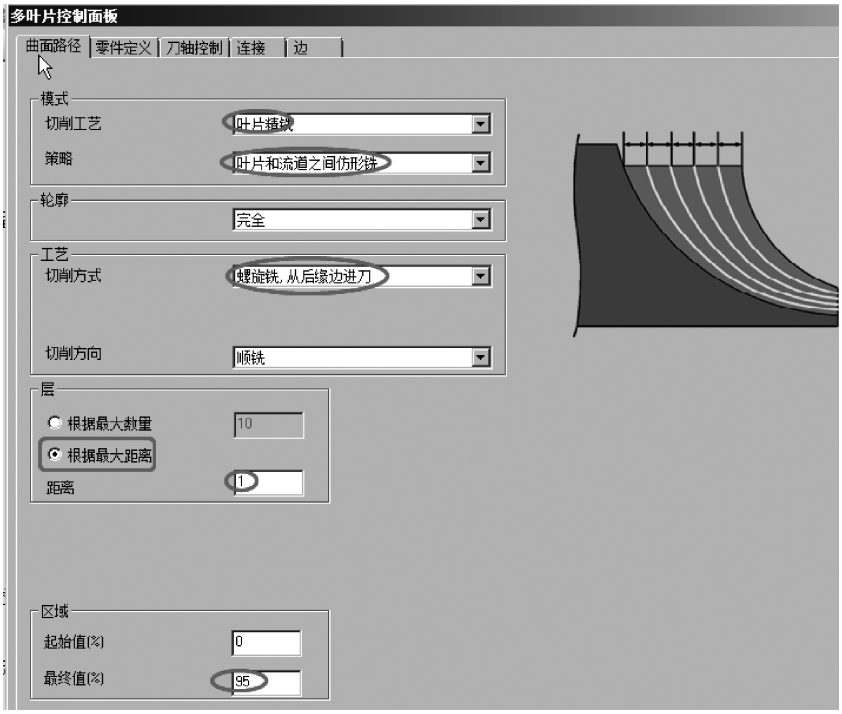


图 6-69　曲面路径参数

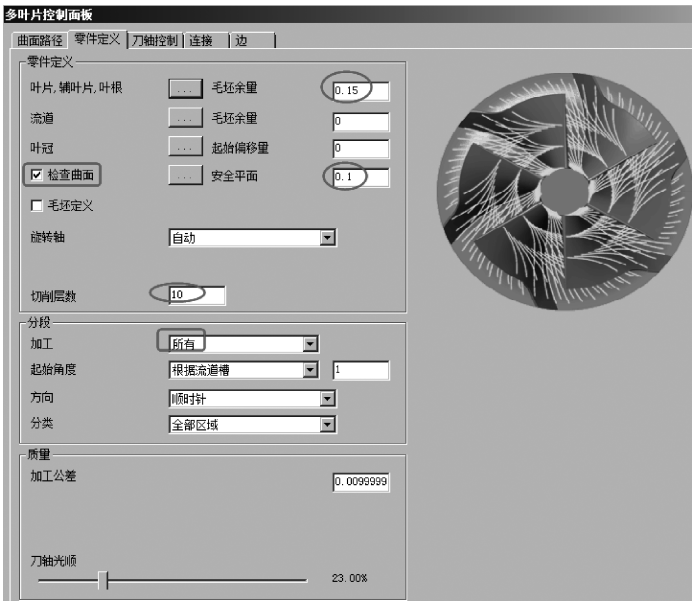


图 6-70　零件定义

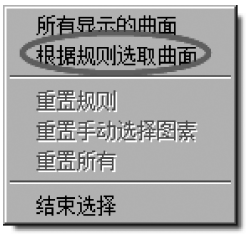


图 6-71　选择零件面快捷菜单

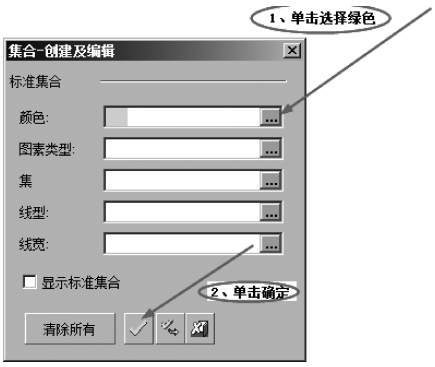


图 6-72　使用规则选取大叶片面

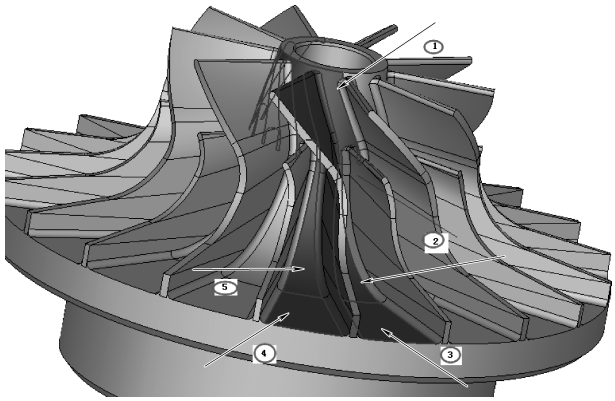


图 6-73　选取流道面

3. 其他三项参数

【刀轴控制】、【连接】和【边】参数默认系统设置。

以上参数设定好后，单击【确认】按钮退回到程序设计开始界面，单击机床参数图标，设定转速为 12000，进给为 2000。单击保存并计算图标，计算结果如图 6-75 所示。

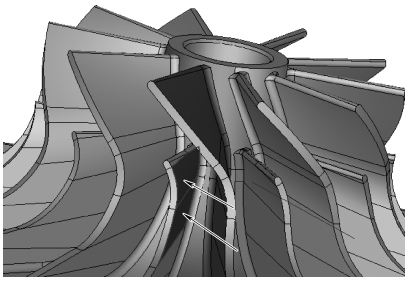


图 6-74　检查曲面选取

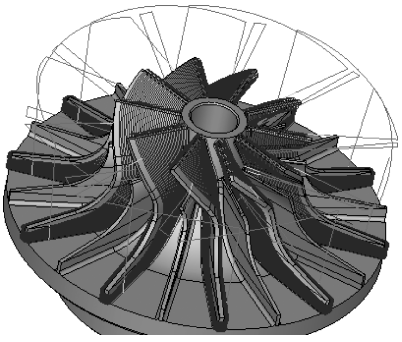


图 6-75　大叶片半精轨迹

6.4.9 创建小叶片半精加工程序

图 6-76　选择加工工艺

隐藏大叶片半精加工刀路轨迹，单击编程向导条上的【程序】图标，在出现的窗口选择【5X 应用】和【多叶片-高级】选项，如图 6-76 所示，并从刀具库中选择刀具：BALL4-1。

单击图 6-76 窗口上的【进入】按钮，即可进入到【多叶片控制面板】，下面对各项参数进行设定：

1. 曲面路径参数

和大叶片的半精加工程序参数相同，如图 6-77 所示。

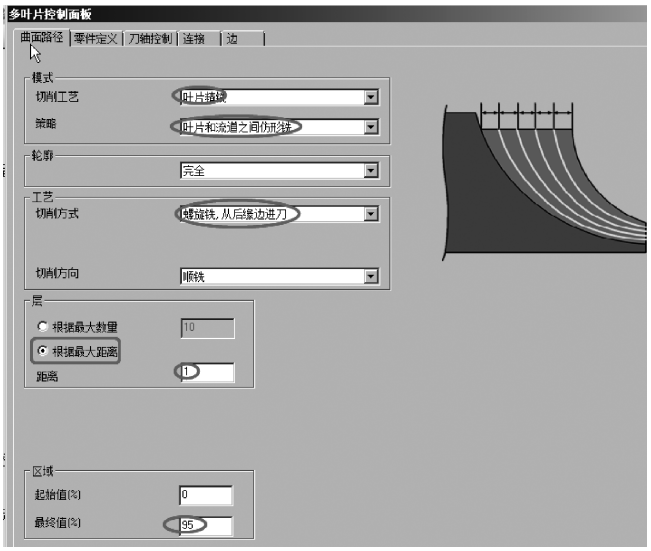


图 6-77　曲面路径参数

2. 零件定义参数

各项参数的设定参照图 6-78 所示进行，其中加工对象的选取是：

（1）叶片、辅叶片、叶根面的选择　单击图 6-78 中【叶片、辅叶片、叶根】右侧的曲面选择按钮，单击右键弹出如图如 6-79 所示的窗口，选择【重置所有】命令，把上个程序选择的大叶片面去掉，再单击右键选择【根据规则选取曲面】选项，在出现的窗口选择【粉色】，选择的步骤参照图 6-80 所示进行，选择好后单击中键退出面的选择。

（2）流道面的选择　单击图 6-78 中【流道】右侧的曲面选择按钮，然后选择和粉色小叶片相邻的 5 张流道面，如图 6-81 箭头所示。

（3）叶冠面的选择　单击图 6-78 中【叶冠】右侧的曲面选择按钮，然后选择粉色小叶片上面的 4 张面。

（4）检查曲面的选择　确信勾选这个选项，然后单击它右侧的曲面选择按钮，选择如图 6-82 箭头所示的 3 张曲面。如果不选择此面，则加工过程中刀具将和大叶片发生干涉。

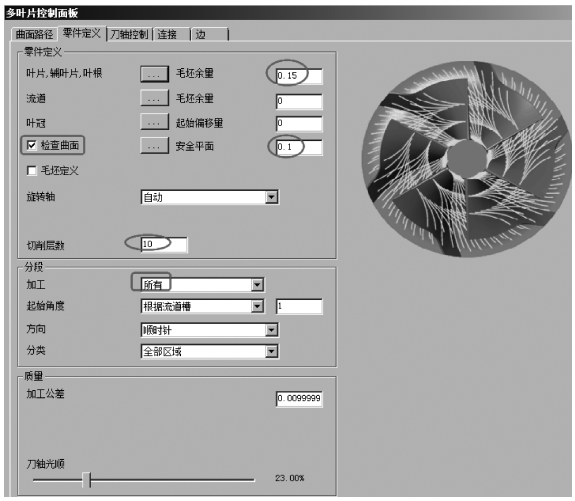


图 6-78　零件定义

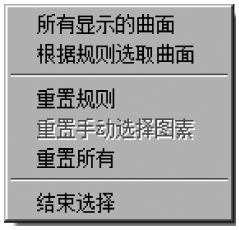


图 6-79　选择零件面快捷菜单

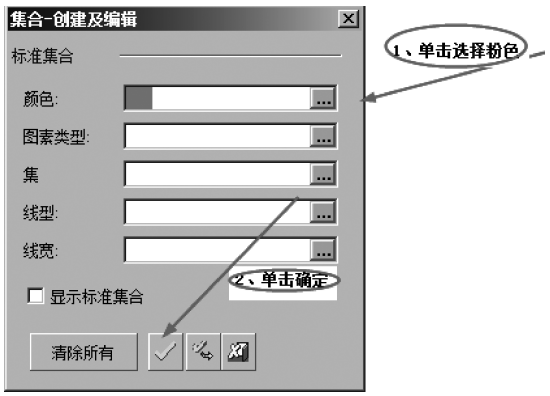


图 6-80　使用规则选取小叶片面

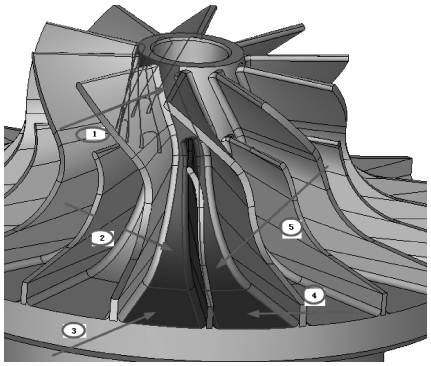


图 6-81　流道面的选取

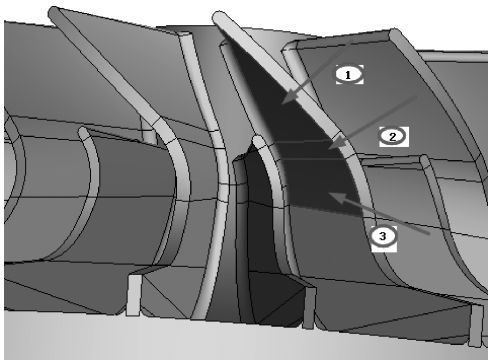


图 6-82　检查面的选取

3. 其他三项参数

【刀轴控制】、【连接】和【边】参数默认系统设置。

以上参数设定好后，单击【确定】按钮退回到程序设计开始界面，单击机床参数图标，设定转速为12000，进给为2000。单击保存并计算图标，计算结果如图6-83所示。

6.4.10 创建流道半精加工程序

单击编程向导程序图标，选择【多叶片-高级】工艺，如图6-84所示，并从刀具库选择BALL4-2球刀，单击【进入】按钮，进入到多叶片控制面板。

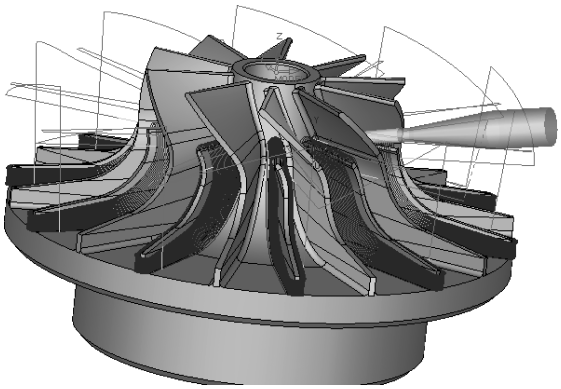


图6-83 小叶片的半精加工轨迹

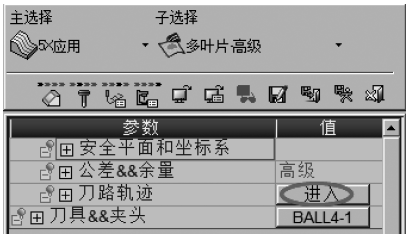


图6-84 选择加工工艺

1. 曲面路径

切削工艺切换到【流道精加工】选项，其他参数参照图6-85进行设定。

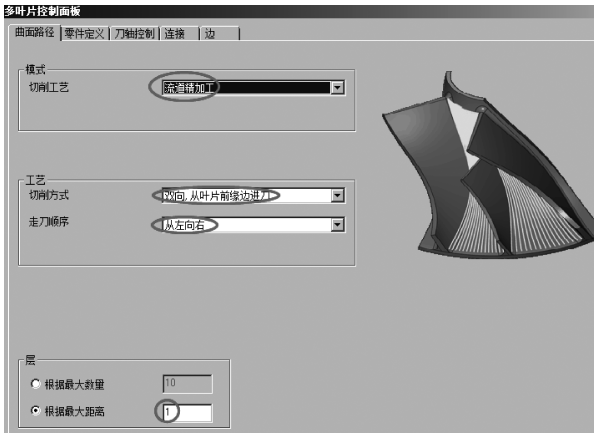


图6-85 曲面路径参数

2. 零件定义

各项参数的设定参照图6-86所示进行，其中加工对象的选取是：

(1) 叶片、辅叶片、叶根面的选择 单击图6-86中【叶片、辅叶片、叶根面】右侧曲面选择按钮，单击右键在弹出窗口选择【根据规则选取曲面】选项，在出现的窗口选择【粉色】、

【绿色】和【紫色】，选择的步骤参照图 6-87 所示进行，选择好后单击中键退出面的选择。

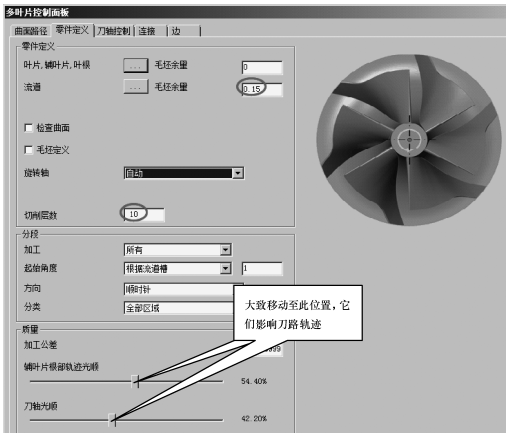


图 6-86　零件定义参数

（2）流道面的选择　单击图 6-86 中【流道】右侧的曲面选择按钮，然后选择两个大叶片之间的流道面，如图 6-88 箭头所示。

（3）检查面不需要选取，不会产生干涉现象。

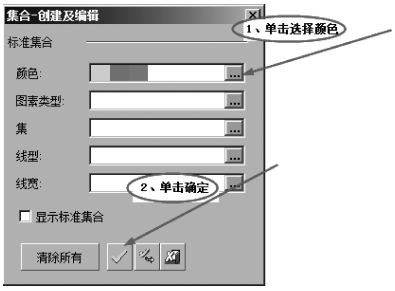


图 6-87　通过颜色选取面

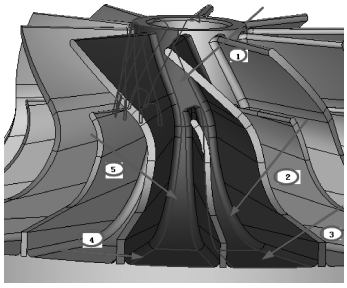


图 6-88　选取流道面

3. 刀轴控制和连接参数

默认系统的设置。

4. 边参数

单击图 6-89 多叶片控制面板上的【边】选项，并设定该图中所示的各项参数。

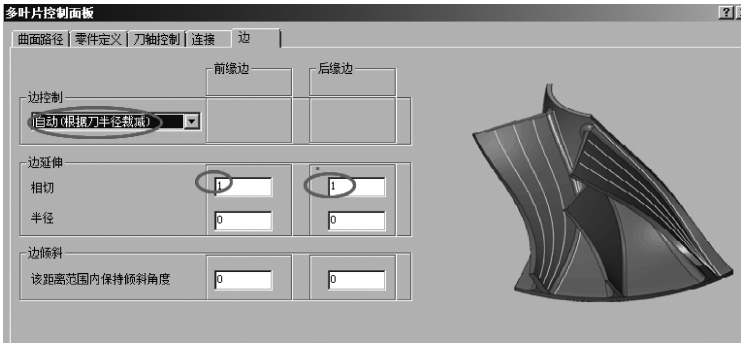


图 6-89　边参数

设定好以上参数后直接单击【保存并计算】按钮，计算结果如图 6-90 所示。

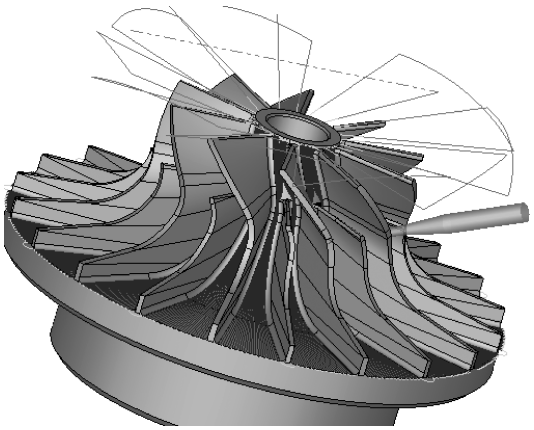


图 6-90　流道半精加工轨迹

6.4.11　创建大叶片精加工程序

和以前练习一样，通过复制半精加工程序再修改步距和余量参数完成大叶片精加工程序的设计。

在“程序管理器”中单击大叶片半精加工程序，单击右键选择复制命令，再单击最后一个程序然后单击右键选择粘贴命令，即在管理器的最下面复制了一个程序，更改注释为“大叶片精加工”以便区分，如图 6-91 所示。

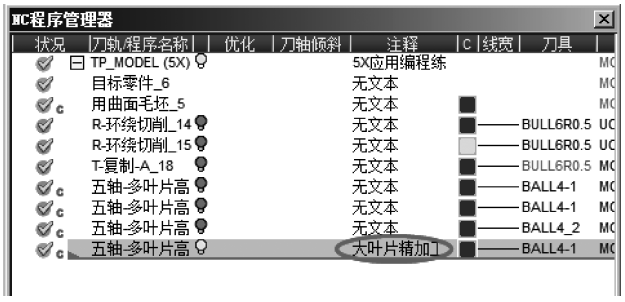


图 6-91　复制大叶片精加工程序

隐藏流道的刀路轨迹，显示复制的刀路轨迹，并双击它，单击窗口中的【进入】按钮，把【距离】参数改成 0.3，如图 6-92 所示，距离参数相当于步距参数。

把零件定义参数的【毛坯余量】改成 0，如图 6-93 所示，毛坯余量在这里就是加工余量，并将新添加在小叶片上面的两个面作为干涉检查面。

添加的新检查面如图 6-94 箭头所示。

单击机床参数按钮，把进给由 12000 改成 1500，其余参数不需要修改，单击保存并计算按钮，完成精加工程序的计算，可以看出轨迹类型和半精加工一样。

【提示】：由于步距的改变，干涉情况也有所改变，相应的检查面需要更改，如何检查干涉实际是通过软件的模拟发现的，后面有介绍。

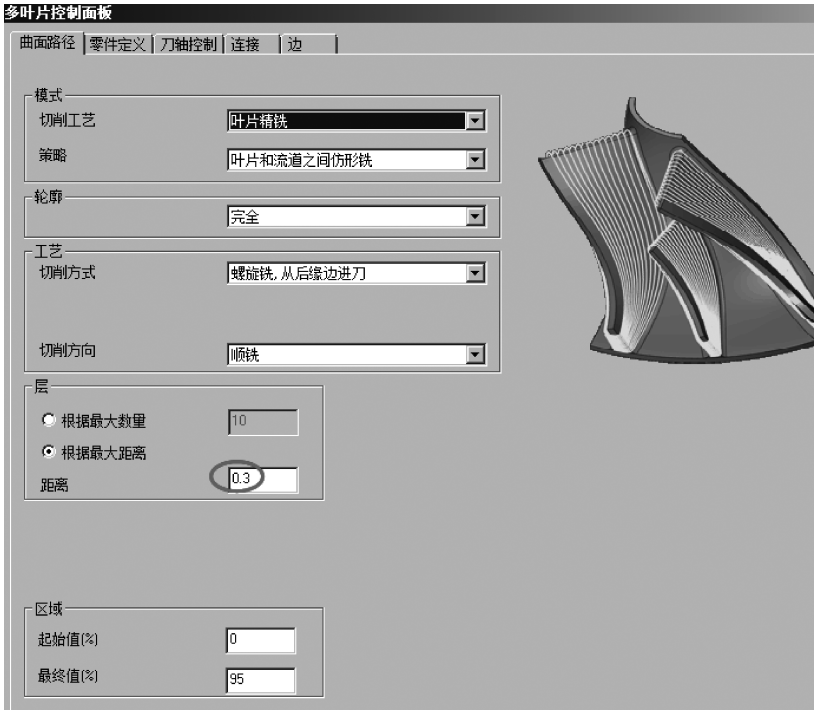


图 6-92　改动距离参数

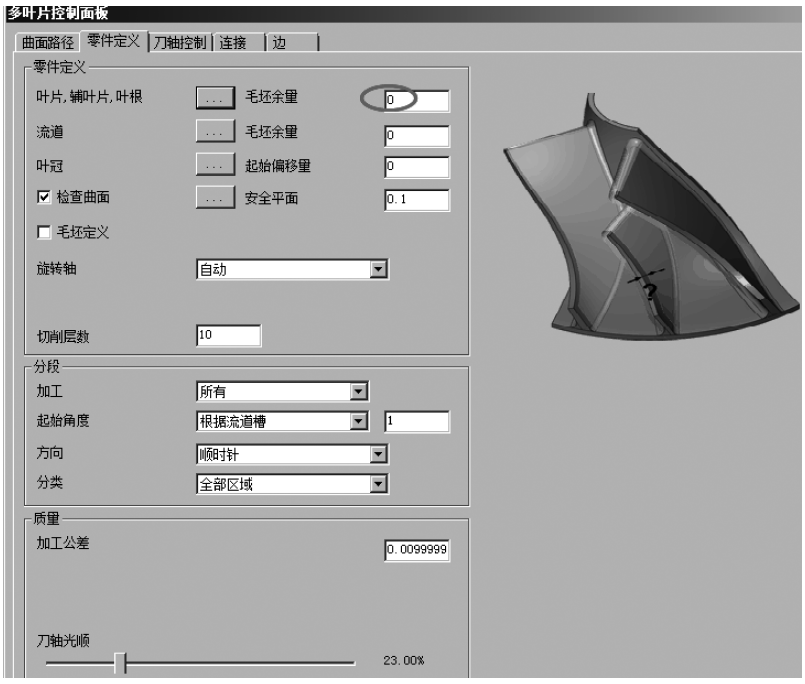


图 6-93　更改毛坯余量

6.4.12 创建小叶片精加工程序

同样的方法把距离参数改成0.3，毛坯余量改成0，机床参数中的进给值由12000改成1500，再重新计算完成小叶片的精加工程序。如图6-95所示，把注释改成“小叶片精加工”。

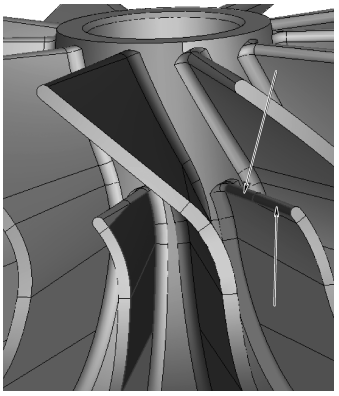


图6-94 添加新的检查面

6.4.13 创建流道精加工程序

在小叶片精加工程序下面复制流道半精加工程序，并修改曲面路径下的距离为0.5，如图6-96所示，修改零件定义里的毛坯余量为0，机床参数里的进给值由12000改成1500，再重新计算程序。

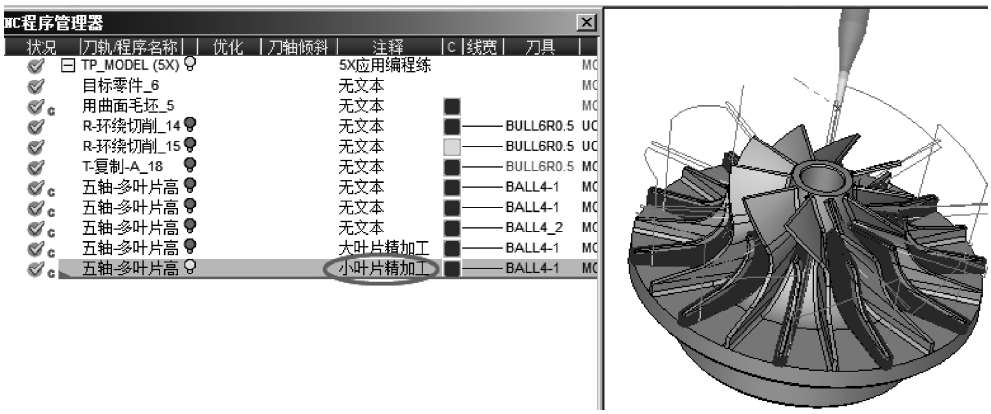


图6-95 小叶片精加工程序

6.4.14 加工仿真

首先不经过材料去除快速模拟刀路轨迹，可以发现是否过切零件。如果没有发现过切再进行带有去除材料的模拟仿真查看结果。

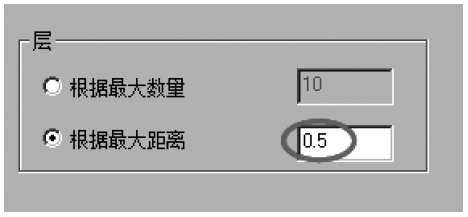


图6-96 修改距离

（1）不带材料去除模拟 单击编程向导条上的机床仿真图标机床仿真，对所有程序进行标准模拟，具体参数参照图6-97所示进行设置，单击【确定】按钮进入到标准模拟窗口。

进入到模拟窗口，把控制模拟快慢的滑动条拖到右侧，再单击【运行】按钮，如图6-98所示。

最后模拟的结果如图6-99所示，窗口报告里面没有出现过切和其他问题提示，说明程序没有问题，单击关闭按钮，退出模拟环境。

（2）带材料去除模拟 单击编程向导条上的机床仿真图标机床仿真，勾选材料去除选项，

图 6-97　模拟参数设置

图 6-98　模拟工具条

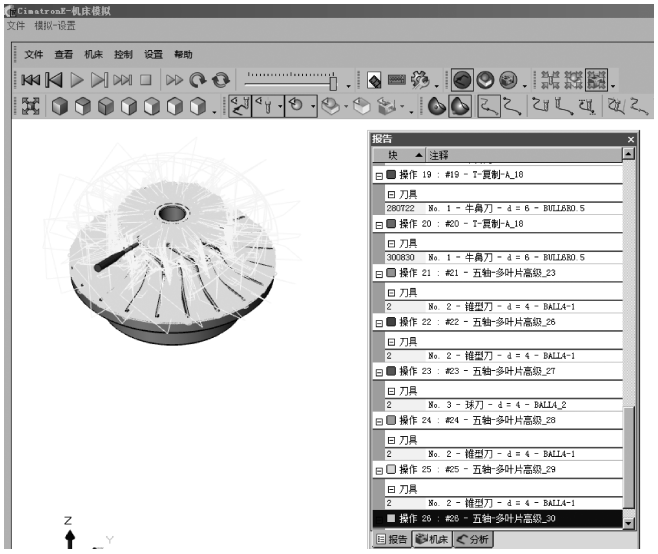


图 6-99　模拟所有程序轨迹

选择对所有程序进行模拟，如图 6-100 所示，单击【确认】按钮进入模拟环境，单击【模拟运行】按钮，结果如图 6-101 所示。

因为程序比较多，模拟需要一段时间，最终模拟结果如图 6-101 所示，窗口没有提示有过切信息。

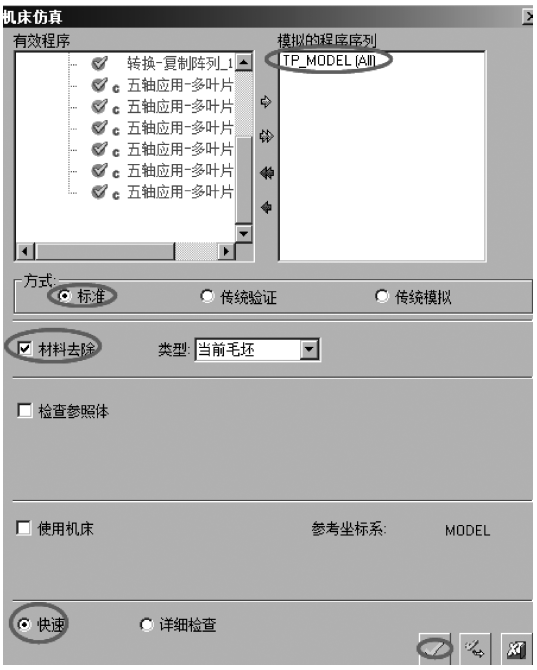


图 6-100　模拟参数设置

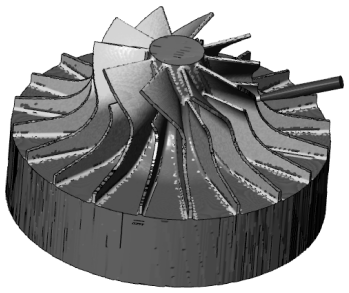


图 6-101　模拟结果

最后保存练习文件，至此练习完毕。

★ 本书大量采用了Cimatron公司工程技术人员多年精心锤炼的应用实例。

★ 将功能讲解与练习相结合。

★ 详细介绍了系统环境和基本的操作方法，深入浅出。

★ 便于广大用户通过实战练习获得提升。

★ CimatronE数控编程

CimatronE塑胶模具设计

CimatronE五金模具设计

CimatronE产品设计

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术/工程软件/CAD CAM

ISBN 978-7-111-42147-4
ISBN 978-7-89433-918-8(光盘)

策划编辑◎孔劲

ISBN 978-7-111-42147-4

9 787111 421474 >

定价：49.00元(含配书光盘)